

ΦΥΣΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

6ος τόμος

**Γ' Κ.Π.Σ. / ΕΠΕΑΕΚ II / Ενέργεια 2.2.1 /
Κατηγορία Πράξεων 2.2.1.α:**

**«Αναμόρφωση των προγραμμάτων
σπουδών και συγγραφή νέων
εκπαιδευτικών πακέτων»**

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Δημήτριος Γ. Βλάχος

Ομότιμος Καθηγητής του Α.Π.Θ

Πρόεδρος του Παιδαγωγ. Ινστιτούτου

**Πράξη με τίτλο: «Συγγραφή νέων
βιβλίων και παραγωγή υποστηρικτικού
εκπαιδευτικού υλικού με βάση το
ΔΕΠΠΣ και τα ΑΠΣ για το Γυμνάσιο»**

Επιστημονικός Υπεύθυνος Έργου

Αντώνιος Σ. Μπομπέτσης

Σύμβουλος του Παιδαγωγ. Ινστιτούτου

Αναπληρωτής Επιστημ. Υπεύθ. Έργου

Γεώργιος Κ. Παληός

Σύμβουλος του Παιδαγωγ. Ινστιτούτου

Ιγνάτιος Ε. Χατζηευστρατίου

Μόνιμος Πάρεδρος του Παιδαγ. Ινστιτ.

**Έργο συγχρηματοδοτούμενο 75% από
το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο και
25% από εθνικούς πόρους.**

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

**Νικόλαος Αντωνίου, Καθηγητής
Πανεπιστημίου Αθηνών
Παναγιώτης Δημητριάδης, Φυσικός
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης
Κων/νος Καμπούρης, Φυσικός
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης
Κων/νος Παπαμιχάλης, Φυσικός
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης
Λαμπρινή Παπατσίμπα, Φυσικός
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης**

ΚΡΙΤΕΣ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΕΣ

**Κωνσταντίνος Κρίκος, Σχολικός
Σύμβουλος
Πέτρος Περσεφόνης, Αναπληρωτής
Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών
(Τμήμα Φυσικής)
Γεώργιος Τουντουλίδης, Φυσικός,
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης**

ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ

**Θεόφιλος Χατζητσομπάνης,
Μηχανικός ΕΜΠ, Εκπαιδευτικός**

ΦΙΛΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

**Βασιλική Αναστασοπούλου,
Φιλολόγος**

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΠΟΕΡΓΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΓΓΡΑΦΗ

**Γεώργιος Κ. Παληός,
Σύμβουλος του Π.Ι.**

ΕΞΩΦΥΛΛΟ

Καραβούζης Σαράντης, Ζωγράφος

**ΠΡΟΕΚΤΥΠΩΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ
ΑΦΟΙ Ν. ΠΑΠΠΑ & ΣΙΑ Α.Ε.Β.Ε.,
Ανώνυμος Εκδοτ. & Εκτυπ.
Εταιρεία**

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΟΡΑΣΗ

**Ομάδα Εργασίας του Ινστιτούτου
Εκπαιδευτικής Πολιτικής**

Προσαρμογή:

Παπαναστασίου Δήμητρα

Επιμέλεια: Σταθοπούλου Δάφνη

Επιστημονικός υπεύθυνος:

Βασίλης Κουρμπέτης,

Σύμβουλος Α΄ του Υ.ΠΟ.ΠΑΙ.Θ

Υπεύθυνη του έργου: Μαρία

Γελαστοπούλου,

M.Ed. Ειδικής Αγωγής

Τεχνική υποστήριξη: Κωνσταντίνος

Γκυρτής, Δρ. Πληροφορικής

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ,
ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ**

**Νικόλαος Αντωνίου
Παναγιώτης Δημητριάδης
Κωνσταντίνος Καμπούρης
Κωνσταντίνος Παπαμιχάλης
Λαμπρινή Παπατσίμπα**

ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ:
Ελληνικά Γράμματα

ΦΥΣΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

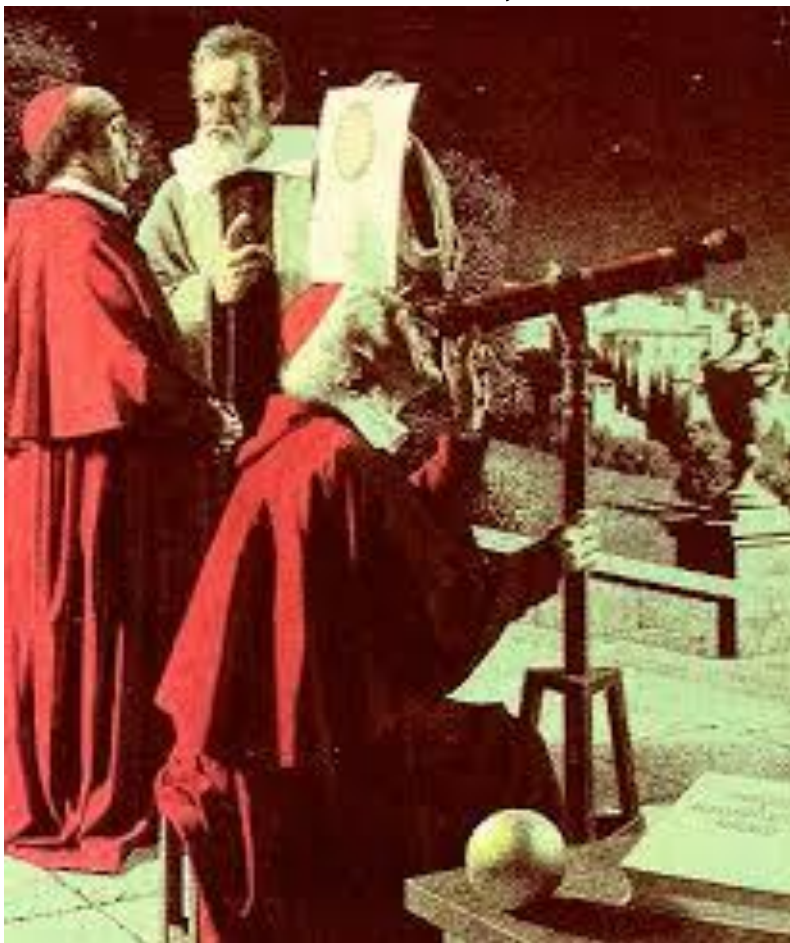
Τόμος 6ος

μια μικρή ιστορία

Τον Αύγουστο του 1606 ο Γαλιλαίος προσπάθησε να πείσει τον Δόγη και το συμβούλιο της Βενετίας για την ανεκτίμητη αξία του Perspicillum, όπως ονόμαζε το τηλεσκόπιο που ο ίδιος είχε κατασκευάσει. Ο Γαλιλαίος και ο βοηθός του είχαν ξοδέψει πολλές ώρες στο εργαστήριο του στην Πάδοβα της Ιταλίας λειαίνοντας και ελέγχοντας φακούς τους οποίους χρησιμοποίησαν στην κατασκευή του τηλεσκοπίου. Οι προσπάθειες τους όμως ανταμείφθηκαν. Ο Δόγης και το συμβούλιο αναγνώρισαν την αξία του οργάνου του ως καθηγητή στο Πανεπιστήμιο της Πάδοβας. Η μεγαλύτερη και ανεκτίμητη ανταμοιβή για το Γαλιλαίο ήρθε όταν έστρεψε το τηλεσκόπιο στον ουρανό και παρατήρησε ουράνια σώματα και φαινό-

μενα αόρατα μέχρι τότε. Έγραψε ενθουσιασμένος: Είμαι απείρως ευγνώμων προς το Θεό που καταδέχτηκε να με καταστήσει τον πρώτο παρατηρητή σε τόσο θαυμαστά αλλά μέχρι τώρα αόρατα στο ανθρωπινό μάτι.

Πώς λειτούργησε το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου;





Στο κεφάλαιο αυτό:

- Θα μάθεις πως λειτουργούν οι φακοί και ποια είναι τα πιο γνωστά είδη τους. (συγκλίνοντες και αποκλίνοντες)

- Θα γνωρίσεις πως σχηματίζονται τα είδωλα φωτεινών αντικειμένων σε ένα συγκλίνοντα και ένα αποκλίνοντα φακό, καθώς και τις έννοιες «πραγματικό» και «φανταστικό» είδωλο.
- Θα διαπιστώσεις ότι το μάτι μας λειτουργεί όπως ένας φακός και θα γνωρίσεις τις εφαρμογές των φακών στην καθημερινή μας ζωή και τη σημασία τους για τη διερεύνηση των αισθήσεων μας (τηλεσκόπιο- μικροσκόπιο).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΦΑΚΟΙ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

ΦΑΚΟΙ: Η ΟΡΑΣΗ ΜΑΣ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΚΟΣΜΟ ΚΑΙ ΤΟ ΜΕΓΑΛΟΚΟΣΜΟ

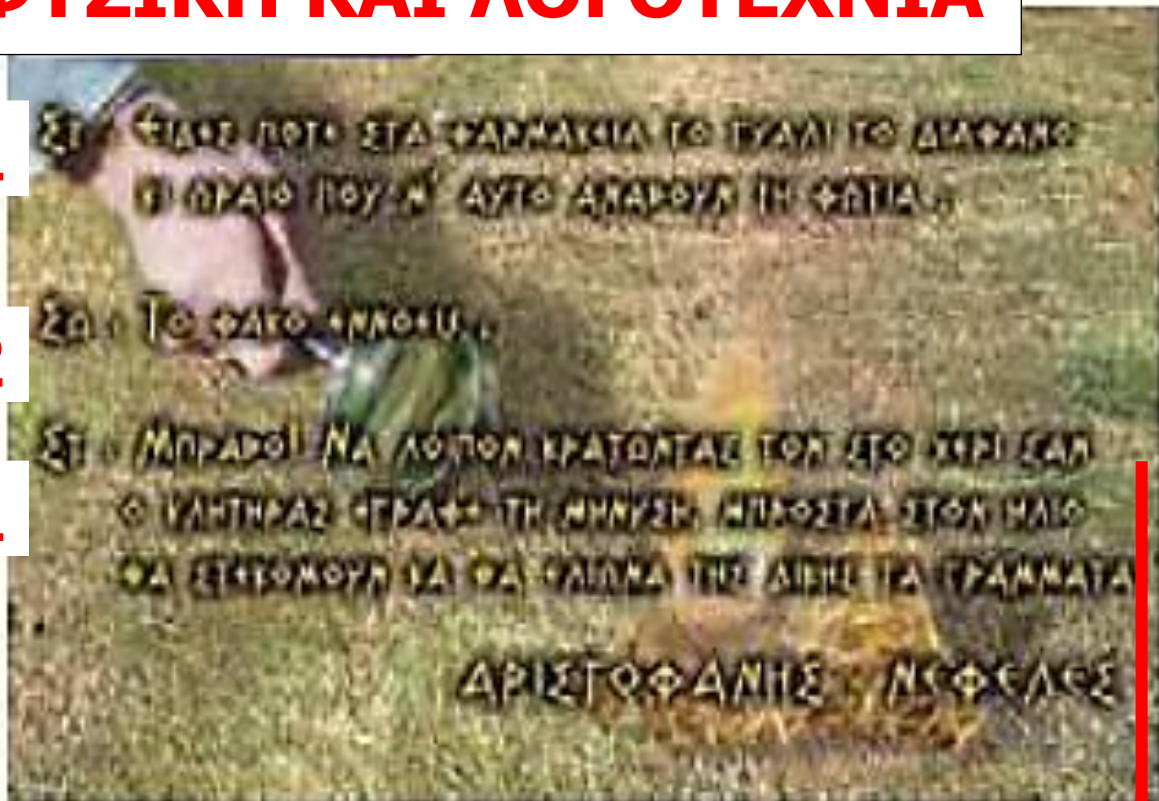
Οπτικός φακός ονομάζεται ένα διαφανές σώμα, συνήθως από γυαλί, το οποίο έχει καμπύλες επιφάνειες (σφαιρικές ή κυλινδρικές). Οι αρχαίοι Έλληνες γνώριζαν ότι ένα διαφανές σφαιρικό δοχείο γεμάτο νερό μπορούσε να συγκεντρώσει σε μια πολύ μικρή επιφάνεια το ηλιακό φως που έπεφτε πάνω του (εικόνα 9.1).

ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΛΟΓΟΤΕΧΝΙΑ

1

2

1



Εικόνα 9.1

Το φλογοβόλο γυαλί

Αριστοφάνης: Νεφέλες (423 π.Χ.).

- 1 ΣΤ: Είδες ποτέ στα φαρμακεία το γυαλί το διάφανο κι ωραίο που μ' αυτό ανάβουν τη φωτιά;
- 2 Σω: Το φακό εννοείς;
- 1 ΣΤ: Μπράβο! Να λοιπόν κρατώντας τον στο χέρι σαν ο κλητή-

**ρας γράφει τη μήνυση μπροστά
στον ήλιο θα στεκόμουν και θα
έλιωνα της δίκης τα γράμματα.
ΑΡΙΣΤΟΦΑΝΗΣ, ΝΕΦΕΛΕΣ**

Πρώτοι οι Κινέζοι χρησιμοποίησαν τους φακούς για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της όρασης. Γυαλιά όρασης κατασκευάστηκαν για πρώτη φορά στη Βόρεια Ιταλία γύρω στα 1825.

Στις αρχές του 17ου αιώνα ο Κέπλερ και ο Γαλιλαίος συνδύασαν δύο φακούς και κατασκεύασαν τα πρώτα τηλεσκόπια (εικόνα 9.2).



(α) Εικόνα 9.2

(α) Το τηλεσκόπιο που χρησιμοποίησε ο Γαλιλαίος με το οποίο παρατήρησε προσεκτικά την επιφάνεια της Σελήνης και ανακάλυψε κάποιους από τους δορυφόρους του Δία.



(β)

β) Ένα σύγχρονο τηλεσκόπιο

Με τα τηλεσκόπια οι δύο επιστήμονες διεύρυναν τα όρια του ορατού σύμπαντος και έτσι μπόρεσαν να παρατηρήσουν τις κινήσεις των πλανητών και των δορυφόρων τους. Οι φακοί αποτελούν τα βασικά εξαρτήματα όλων σχεδόν των οπτικών οργάνων: των μικροσκοπίων,

των τηλεσκοπίων, των φωτογραφικών μηχανών, των μηχανημάτων προβολής εικόνων κ.ά.

9.1 Συγκλίνοντες και αποκλίνοντες φακοί

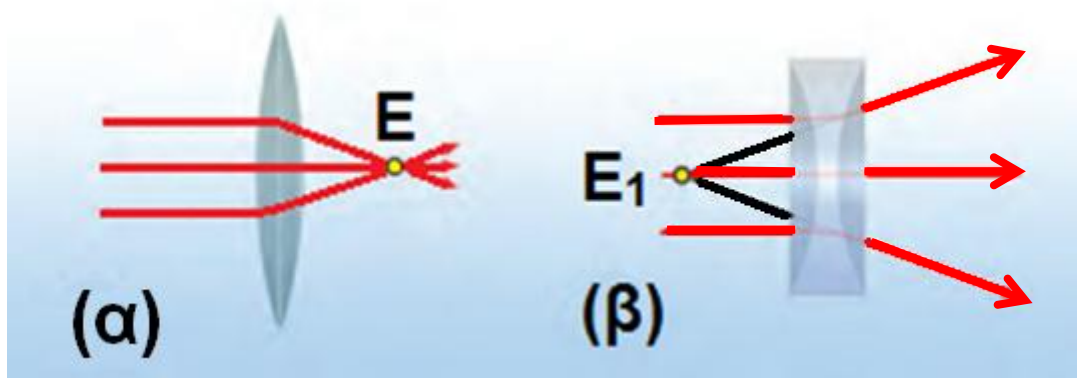
Αν αναρωτήθηκες ποτέ για τα χαρακτηριστικά ενός πολύ μικρού αντικειμένου και θέλησες να τα παρατηρήσεις, ασφαλώς θα χρησιμοποίησες ένα μεγεθυντικό φακό. Αν παρατηρήσεις ένα αντικείμενο μέσα από ένα φακό, το μέγεθός του φαίνεται διαφορετικό από αυτό που είναι στην πραγματικότητα.

Σε ποιο φαινόμενο βασίζεται η λειτουργία των φακών;

Όταν μια φωτεινή δέσμη περάσει μέσα από ένα φακό, λόγω του φαινομένου της διάθλασης κάμπτεται πολύ έντονα.

Υπάρχουν δύο κύρια είδη φακών:

Οι κυρτοί φακοί είναι παχύτεροι στο μέσον και λεπτότεροι στο άκρο και μετατρέπουν μια δέσμη παράλληλων φωτεινών ακτίνων σε συγκλίνουσα, γι' αυτό και ονομάζονται **συγκλίνοντες φακοί. Ο μεγεθυντικός φακός είναι συγκλίνων φακός (εικόνα 9.3α). Οι κοίλοι φακοί είναι λεπτότεροι στο μέσο και παχύτεροι στα άκρα. Μετατρέπουν μια δέσμη παράλληλων φωτεινών ακτίνων σε αποκλίνουσα, γι' αυτό ονομάζονται **αποκλίνοντες φακοί** (εικόνα 9.3β).**

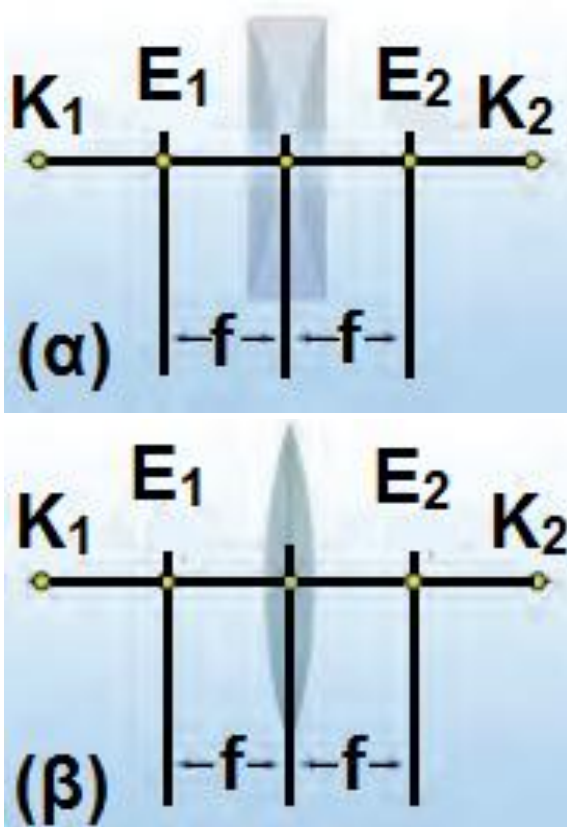


**Εικόνα 9.3 (α) Συγκλίνων φακός.
(β) Αποκλίνων φακός.**

Τέτοιου είδους φακοί χρησιμοποιούνται στο σκόπευτρο της φωτογραφικής μηχανής.

Το σημείο E_1 στο οποίο συγκεντρώνονται οι φωτεινές ακτίνες της συγκλίνουσας δέσμης ή οι προεκτάσεις της αποκλίνουσας ονομάζεται κύρια εστία του φακού.

Στην εικόνα 9.4 φαίνονται μερικά από τα χαρακτηριστικά των φακών με σφαιρικές επιφάνειες.

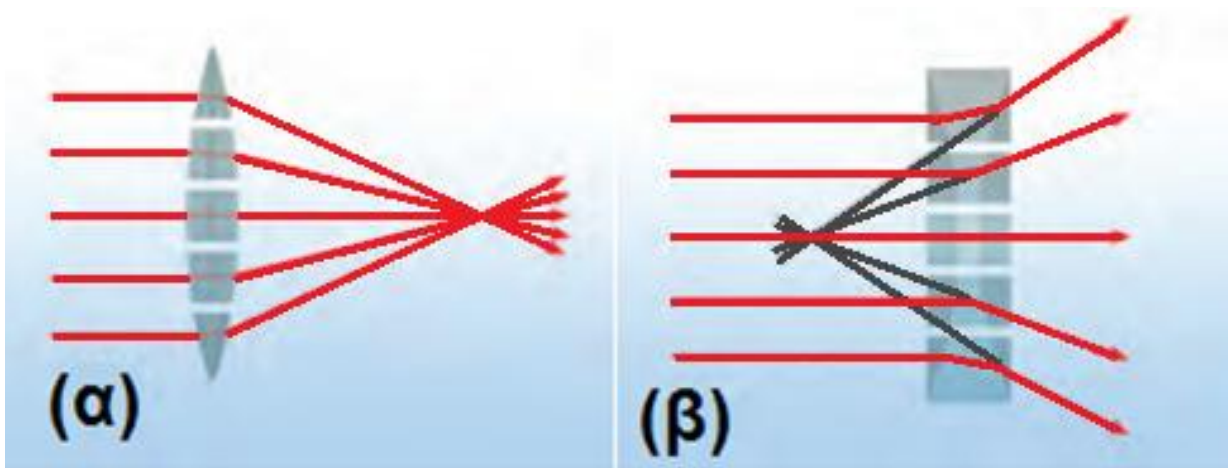


Εικόνα 9.4

α) Χαρακτηριστικά κοίλου φακού. (β) Χαρακτηριστικά κυρτού φακού.

Η γραμμή K1K2 που συνδέει τα κέντρα των δύο σφαιρικών επιφανειών λέγεται κύριος άξονας του φακού. Το σημείο του κυρίου άξονα που βρίσκεται στο μέσο του φακού ονομάζεται κέντρο του φακού. Η απόσταση της κύριας εστίας από το κέντρο του φακού ονομάζεται εστιακή απόσταση του φακού. Ένας λεπτός φακός διαθλά τις φωτεινές δέσμες που έρχονται από δεξιά του με τον ίδιο τρόπο που διαθλά και αυτές που έρχονται από αριστερά του. Συνεπώς έχει δύο κύριες εστίες (E1, E2). Για λεπτούς φακούς οι δύο εστιακές αποστάσεις είναι ίσες.

Για να καταλάβουμε πώς λειτουργεί ένας φακός, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι αποτελείται από ένα σύνολο πρισμάτων διαφορετικών μεγεθών και σχημάτων (εικόνα 9.5).

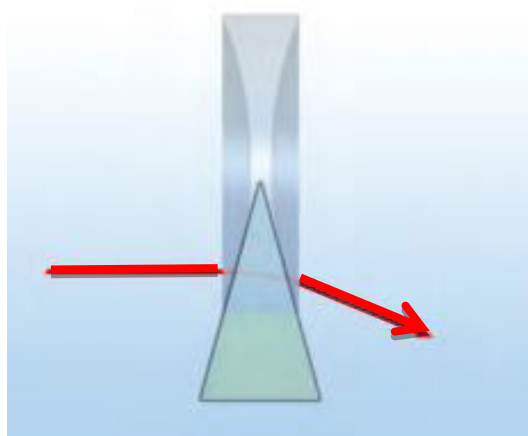


Εικόνα 9.5 Στους φακούς τα πρίσματα είναι τοποθετημένα ώστε: (α) Οι συγκλίνοντες φακοί να είναι παχύτεροι στο κέντρο. (β) Οι αποκλίνοντες φακοί να είναι λεπτότεροι στο κέντρο.

Γιατί ο φακός που είναι λεπτότερος στο κέντρο προκαλεί απόκλιση των φωτεινών δεσμών, ενώ ο παχύτερος σύγκλιση;

Μπορούμε να προσεγγίσουμε ένα πολύ λεπτό κοίλο φακό με ένα τριγωνικό πρίσμα του οποίου η κορυ-

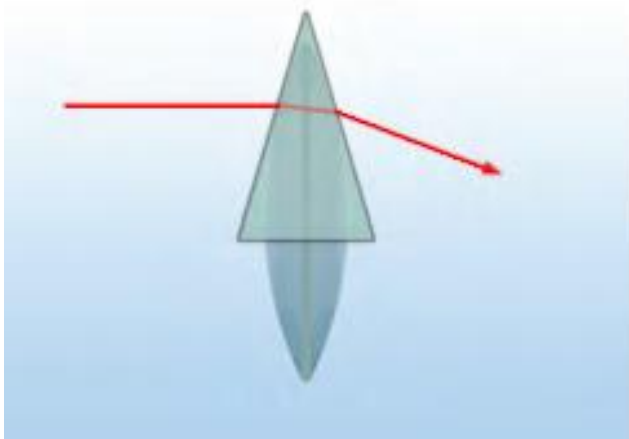
φή βρίσκεται στο κέντρο του φακού. Σχεδιάζουμε την πορεία μιας λεπτής φωτεινής δέσμης που προσπίπτει στο φακό παράλληλα στον κύριο άξονά του. Στο κεφάλαιο 8 μάθαμε ότι, όταν μια φωτεινή ακτίνα εισέρχεται παράλληλα προς τη βάση ενός τριγωνικού πρίσματος, εξερχόμενη από αυτό αλλάζει πορεία ώστε να πλησιάζει προς τη βάση του (εικόνα 9.6). Έτσι σ' ένα κοίλο φακό η εξερχόμενη ακτίνα εκτρέπεται ώστε να απομακρύνεται από το κέντρο του, δηλαδή ο φακός λειτουργεί ως αποκλίνων.



Εικόνα 9.6
Ένας αποκλίνων φακός προσεγγίζεται με ένα τριγωνικό πρίσμα του οποίου η κορυφή βρίσκεται

στο κέντρο του φακού.

Αντίστοιχα ένας πολύ λεπτός φακός που είναι παχύτερος στο κέντρο του προσεγγίζεται από ένα τριγωνικό πρίσμα του οποίου η κορυφή βρίσκεται στην κορυφή του φακού και η βάση του είναι παράλληλη προς τον κύριο άξονα του φακού (εικόνα 9.7). Έτσι μια φωτεινή ακτίνα παράλληλη προς τον κύριο άξονα όταν εξέρχεται από το φακό πλησιάζει προς το κέντρο του, δηλαδή ο φακός λειτουργεί ως συγκλίνων.



Εικόνα 9.7

Ένας συγκλίνων φακός προσεγγίζεται με ένα τριγωνικό πρίσμα του οποίου η

κορυφή βρίσκεται στην κορυφή του φακού.

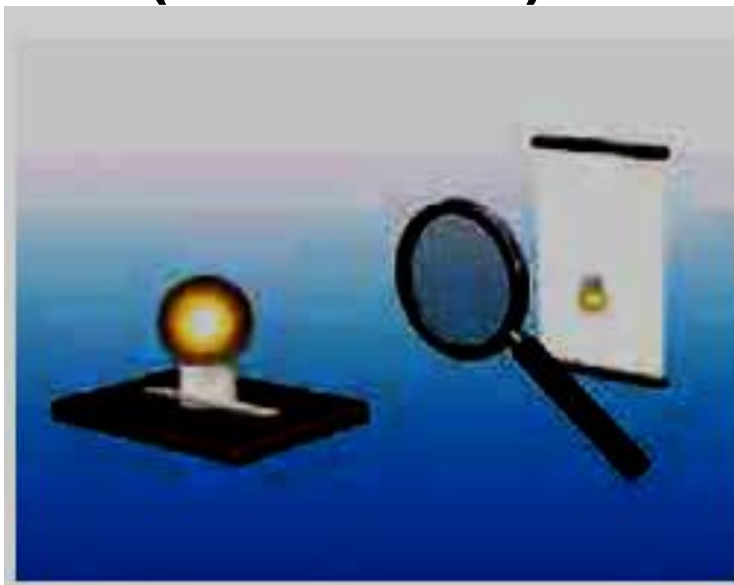


Εικόνα 9.8

Μια γυάλινη σφαίρα μπορεί να λειτουργήσει ως συγκλίνων φακός.

9.2 Είδωλα φακών

Όταν σε αρκετή απόσταση από ένα συγκλίνοντα φακό τοποθετήσουμε ένα αντικείμενο, π.χ. ένα κερί, τότε σε οθόνη πίσω από το φακό είναι δυνατόν να σχηματιστεί πραγματικό είδωλο και αντεστραμμένο (εικόνα 9.9).



Εικόνα 9.9
Είδωλο σε συγκλίνοντα φακό.

Πλησιάζοντας το αντικείμενο προς το φακό το μέγεθος του ειδώλου μεγαλώνει και μετά από ορισμένο σημείο δεν είναι δυνατή η προβολή του σε οθόνη. Σε αυτή τη θέση βρίσκεται η εστία του φακού.

Πλησιάζοντας το αντικείμενο ακόμη περισσότερο μπορούμε να διακρίνουμε το είδωλο μόνο μέσα από το φακό. Το είδωλο είναι πλέον φανταστικό. Είναι επίσης όρθιο και μεγαλύτερο του αντικειμένου. Ο φακός λειτουργεί ως μεγεθυντικός (εικόνα 9.10).



Εικόνα 9.10

Ο συγκλίνων φακός χρησιμοποιείται για τη μεγέθυνση αντικειμένων, όπως τα γράμματα της εικόνας.

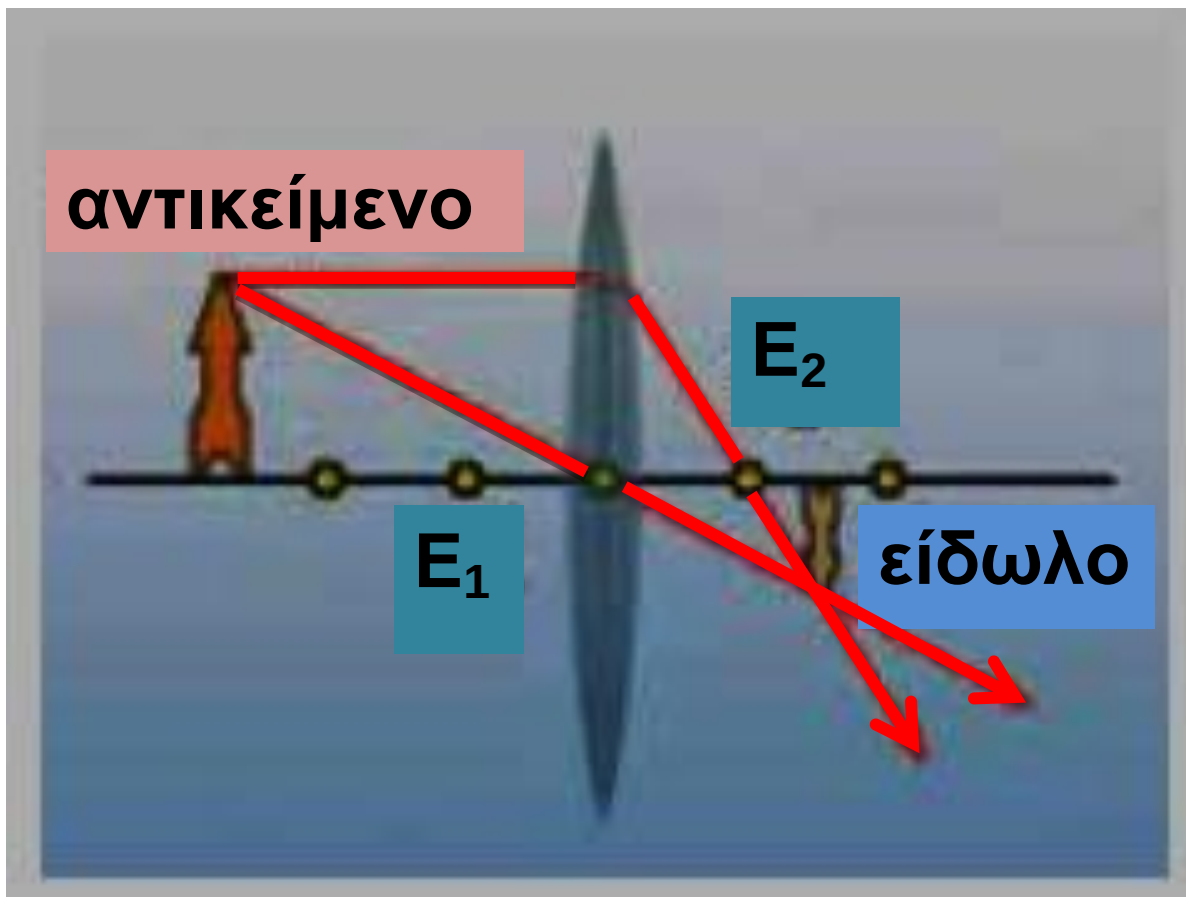
Γραφικός προσδιορισμός του ειδώλου

Πώς θα μπορούσαμε να προσδιορίσουμε τη θέση, το είδος και το μέγεθος του ειδώλου που σχηματίζεται από ένα φακό;

Για να προσδιορίσουμε γραφικά το είδος του ειδώλου που σχηματίζει ένας φακός, ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα. Αρχικά προσδιορίζουμε το είδος του φακού (κοίλος ή κυρτός, συγκλίνων ή αποκλίνων), καθώς και τα χαρακτηριστικά του (κέντρο και εστιακή απόσταση). Στη συνέχεια προσδιορίζουμε τα χαρακτηριστικά του αντικειμένου όπως το μέγεθός του και τη θέση του, δηλαδή την απόστασή του από το κέντρο του φακού. Το αντικείμενο, είτε αυτό είναι ένα μικρόβιο που παρατηρείται με το μικροσκόπιο είτε είναι ένας γαλαξίας που παρατη-

ρείται με ένα τηλεσκόπιο, το παριστάνουμε με ένα βέλος. Για απλότητα τοποθετούμε την αρχή του βέλους στον κύριο άξονα.

Για να προσδιορίσουμε το είδωλο του αντικειμένου, προσδιορίζουμε το είδωλο ενός σημείου του, για παράδειγμα της μύτης του βέλους. Το είδωλο ενός σημείου προσδιορίζεται σχεδιάζοντας την πορεία δύο χαρακτηριστικών ακτίνων που ξεκινούν από το σημείο (μία παράλληλη προς τον κύριο άξονα και την άλλη να διέρχεται από το κέντρο του φακού) (εικόνα 9.11).



Εικόνα 9.11

Γραφικός προσδιορισμός του ειδώλου σε συγκλίνοντα φακό.

Η πορεία των ακτινών σχεδιάζεται σύμφωνα με τους παρακάτω κανόνες:

1. Κάθε ακτίνα που είναι παράλληλη προς τον κύριο άξονα ενός κυρτού, συγκλίνοντος φακού μετά τη διάθλασή της διέρχεται από την κύρια εστία του φακού. Αν ο φακός εί-

ναι κοίλος, αποκλίνουν από την κύρια εστία διέρχεται η προέκταση της διαθλώμενης ακτίνας.

2. Αντίστροφα μια ακτίνα η οποία διέρχεται από την κύρια εστία ενός συγκλίνοντος φακού ή που κατευθύνεται προς την κύρια εστία ενός αποκλίνοντος φακού μετά τη διάθλασή της γίνεται παράλληλη προς τον κύριο άξονα.

3. Μια ακτίνα που περνά από το κέντρο του φακού δεν αλλάζει πορεία.

Είδη ειδώλων σε φακούς

Εφαρμόζουμε τους παραπάνω κανόνες προκειμένου να προσδιορίσουμε τα χαρακτηριστικά των ειδώλων και στα δύο είδη φακών.

α. Συγκλίνων φακός

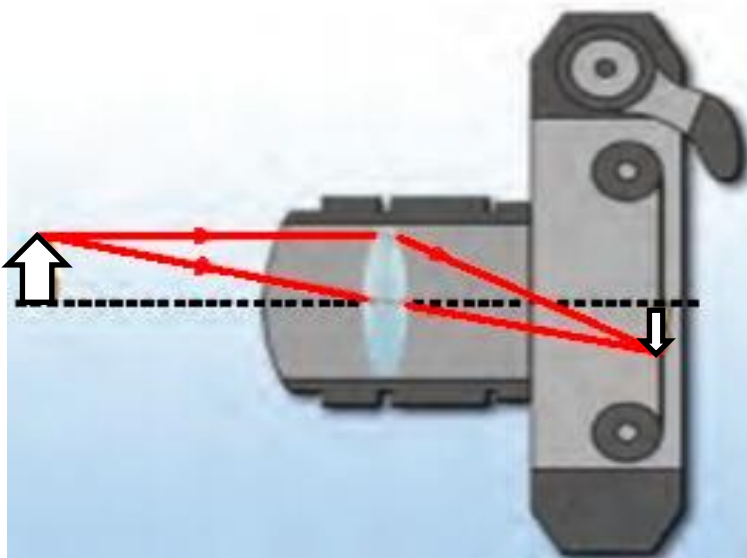
Τοποθετούμε ένα αντικείμενο, για παράδειγμα ένα κερί, σε απόσταση

μεγαλύτερη της εστιακής. Αν τοποθετήσουμε μια οθόνη πίσω από το φακό, παρατηρούμε ότι πάνω σε αυτή θα σχηματίζεται το είδωλο αντεστραμμένο και μικρότερο του αντικειμένου.

Στην εικόνα 9.11 παρουσιάζεται ο γραφικός προσδιορισμός του ειδώλου του κεριού. Παρατηρούμε ότι όσο το αντικείμενο παραμένει σε απόσταση μεγαλύτερη της εστιακής το είδωλό του είναι μικρότερο του αντικειμένου και αντεστραμμένο. Επίσης είναι πραγματικό γιατί σχηματίζεται από τις διαθλώμενες ακτίνες και όχι από τις προεκτάσεις τους.

Με αυτό τον τρόπο χρησιμοποιούνται οι συγκλίνοντες φακοί για την προβολή σε μια οθόνη διαφανειών ή κινούμενων εικόνων και την προβολή μιας πραγματικής εικόνας στο

**φιλμ μιας φωτογραφικής μηχανής
(εικόνα 9.12).**



Εικόνα 9.12
Σχηματισμός
του
πραγματικού
ειδώλου στο
φιλμ μιας

φωτογραφικής μηχανής.

Γιατί όταν χρησιμοποιείς ένα μεγεθυντικό φακό τον κρατάς πολύ κοντά στο αντικείμενο που θέλεις να μεγεθύνεις (εικόνα 9.10); Ο μεγεθυντικός φακός είναι ένας συγκλίνων φακός. Για να καταλάβουμε πώς λειτουργεί, σχηματίζουμε το είδωλό ενός αντικειμένου το οποίο τοποθετούμε σε απόσταση μικρότερη της εστιακής (εικόνα 9.13).

Παρατηρούμε ότι τέμνονται οι προ-

εκτάσεις των διαθλώμενων ακτί-
νων. Σχηματίζεται φανταστικό είδω-
λο, το οποίο δεν είναι δυνατόν να
προβληθεί σε οθόνη, αλλά είναι πά-
ντοτε μεγαλύτερο του αντικειμένου
και όρθιο (εικόνα 9.13).



Εικόνα 9.13

Σχηματισμός ειδώλου σε συγκλίνον-
τα φακό όταν η απόσταση του αντι-
κείμενου είναι μικρότερη της εστια-
κής.

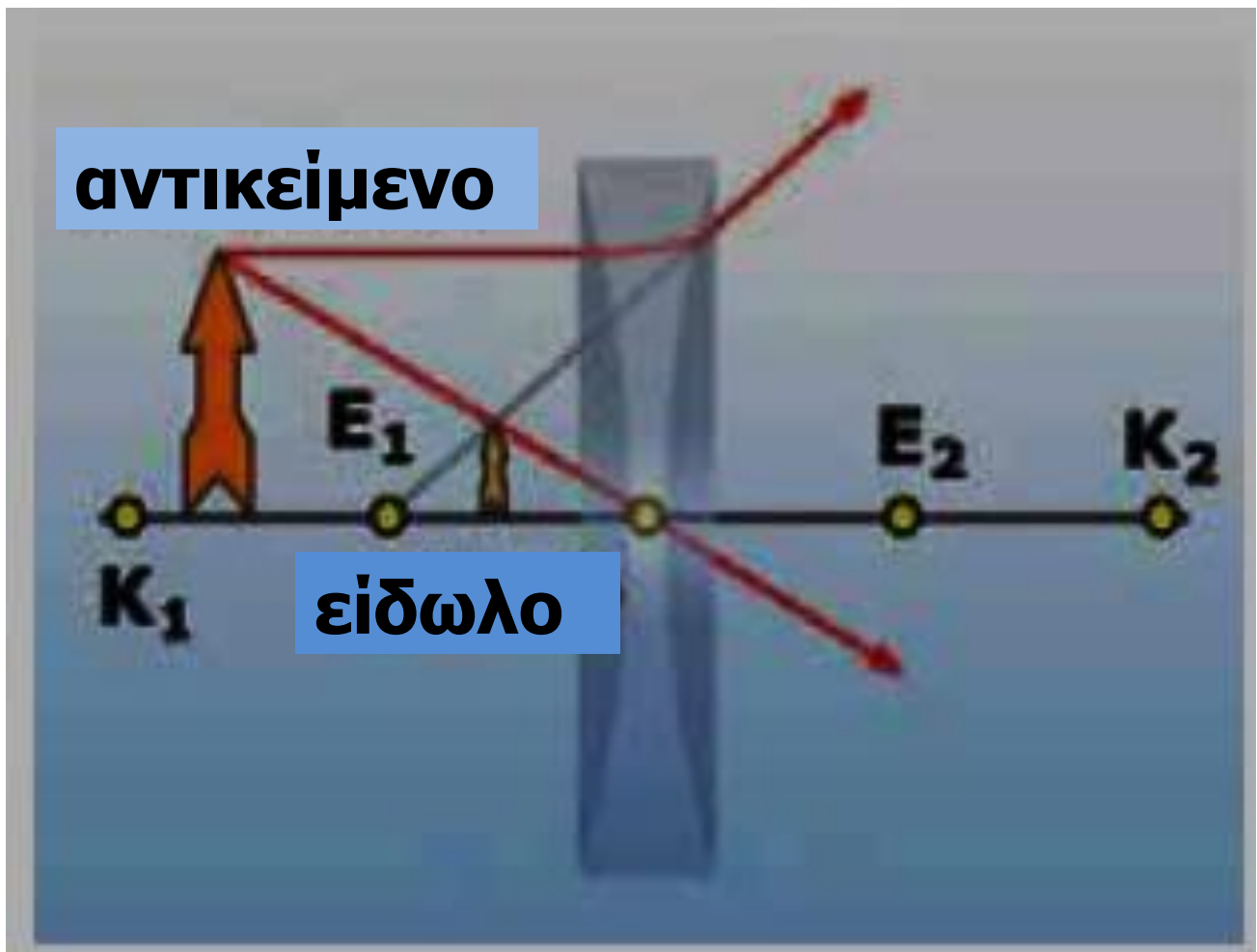
β. Αποκλίνων φακός

Το είδωλο ενός αντικειμένου που σχηματίζεται με ένα αποκλίνοντα φακό είναι πάντοτε φανταστικό, όρθιο και μικρότερο από το αντικείμενο ανεξάρτητα από τη θέση του αντικειμένου (εικόνες 9.14, 9.15).



Εικόνα 9.14

Το μέγεθος του ειδώλου σ' έναν αποκλίνοντα φακό είναι μικρότερο του αντικείμενου.



Εικόνα 9.15

Σχηματισμός ειδώλου σε αποκλίνοντα φακό.

Ένας αποκλίνων φακός χρησιμοποιείται συχνά στο σκόπευτρο μιας φωτογραφικής μηχανής. Όταν κοιτάξεις το αντικείμενο που θέλεις να φωτογραφίσεις μέσα από το σκόπευτρο της μηχανής, βλέπεις το φανταστικό όρθιο είδωλό του

**(εικόνα 9.16). Οι αναλογίες του
ειδώλου είναι ίδιες με της φωτογρα-
φίας που πρόκειται να τραβηχτεί.**



Εικόνα 9.16

**Το σκόπευτρο μιας φωτογραφικής
μηχανής.**

9.3 Οπτικά όργανα και το μάτι

Η φωτογραφική μηχανή

Μια απλή φωτογραφική μηχανή αποτελείται από ένα συγκλίνοντα φακό και ένα ευαίσθητο φιλμ τα οποία είναι τοποθετημένα σε ένα αδιαφανές κουτί. Ο φακός μπορεί να μετακινηθεί μπροστά και πίσω ώστε να ρυθμιστεί η απόσταση ανάμεσα στο φακό και στο φιλμ. Μέσω του φακού σχηματίζεται πάνω στο φιλμ ένα πραγματικό, αντεστραμμένο είδωλο (εικόνα 9.17). Ο αριθμός των φωτονίων που φθάνουν στο φιλμ ρυθμίζεται από ένα κλείστρο και ένα διάφραγμα. Το κλείστρο ελέγχει το χρονικό διάστημα που το φιλμ είναι εκτεθειμένο στο φως. Το διάφραγμα ελέγχει το άνοιγμα του κουτιού από το οποίο

διέρχεται το φως για να φθάσει στο φιλμ. Μεταβολή στο μέγεθος του διαφράγματος μεταβάλλει τον αριθμό των φωτονίων που φθάνουν στο φιλμ κάθε χρονική στιγμή. Όταν τα φωτόνια φθάσουν στο φιλμ, απορροφώνται από το υλικό του και προκαλούν χημικές αντιδράσεις, με αποτέλεσμα το φιλμ να αμαυρώνεται στα σημεία που προσπίπτουν φωτόνια. Με αυτό τον τρόπο αποτυπώνεται στο φιλμ το είδωλο του αντικειμένου.



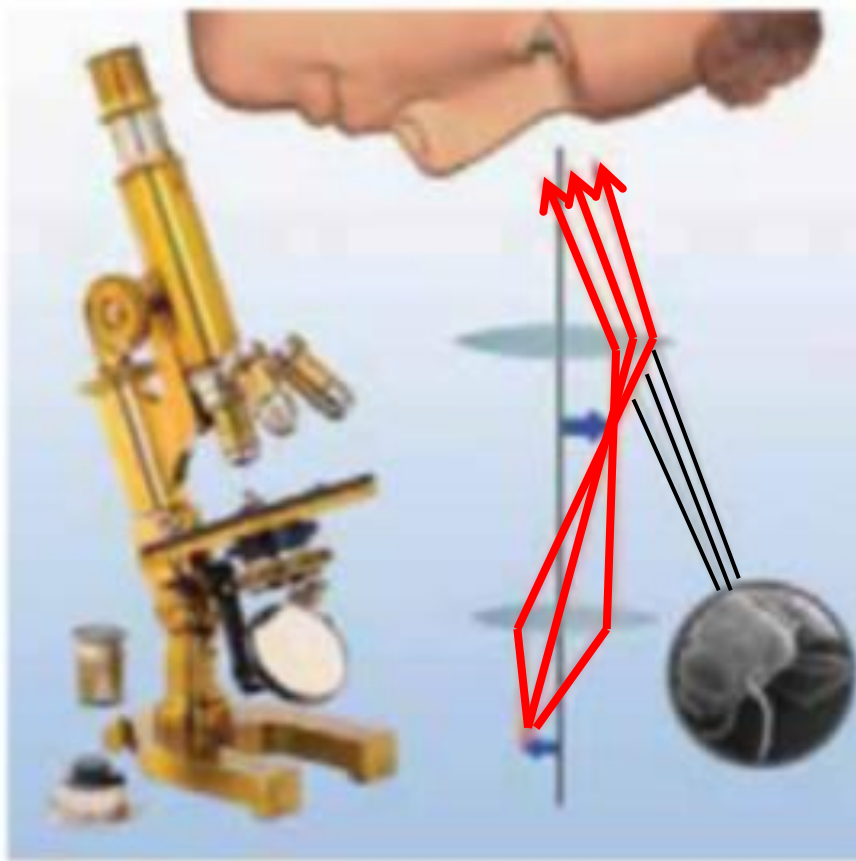
Εικόνα 9.17

Τα μέρη μιας φωτογραφικής μηχανής.

Το μικροσκόπιο

Το μικροσκόπιο αποτελείται από δύο συγκλίνοντες φακούς: το φακό που βρίσκεται κοντά στο μάτι μας (προσοφθάλμιος φακός) και το φακό που βρίσκεται κοντά στο αντικείμενο (αντικειμενικός φακός) (εικόνα 9.18).

Ο αντικειμενικός φακός έχει μικρή εστιακή απόσταση και δημιουργεί πραγματικό είδωλο του αντικειμένου. Αυτό το είδωλο αποτελεί το αντικείμενο για τον προσοφθάλμιο φακό ο οποίος σχηματίζει ένα μεγεθυμένο φανταστικό είδωλο (εικόνα 9.18).



Εικόνα 9.18

Τα μέρη και η λειτουργία ενός μικροσκοπίου.

Το τηλεσκόπιο

Τα βασικά στοιχεία ενός τηλεσκοπίου είναι τα ίδια με του μικροσκοπίου. Στο τηλεσκόπιο ο αντικειμενικός φακός έχει μεγάλη εστιακή απόσταση και δημιουργεί το πραγματικό είδωλο ενός πολύ

μακρινού αντικειμένου σε απόσταση μικρότερη της εστιακής και πολύ κοντά στην κύρια εστία του προσοφθάλμιου φακού. Το είδωλο αυτό αποτελεί αντικείμενο για τον προσοφθάλμιο. Το είδωλο που σχηματίζει ο προσοφθάλμιος είναι μεγεθυμένο, αντεστραμμένο και φανταστικό (εικόνα 9.19).

αντικειμενικός φακός



Εικόνα 9.19

Ένα κοινό

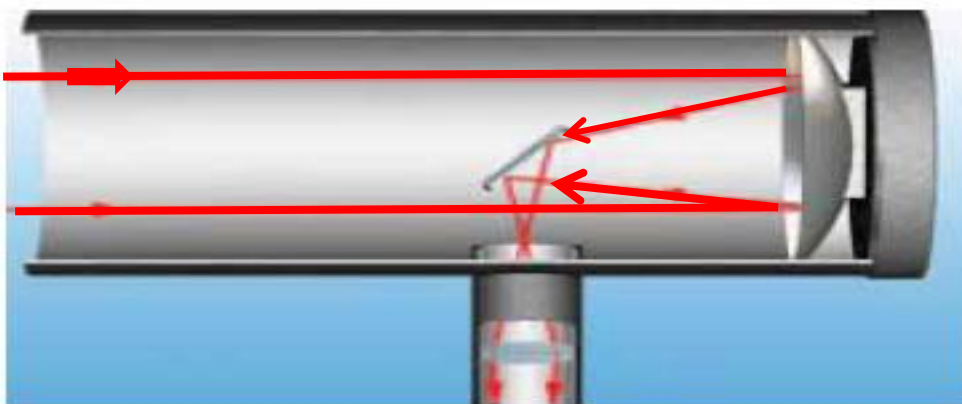
αστρονομικό

τηλεσκόπιο κατασκευάζεται με συνδυασμό δύο φακών.

**Προσοφθάλμιος
φακός**

Οι αστρονόμοι προτιμούν τα τηλεσκόπια με τους δύο φακούς. Σε αυτά τα τηλεσκόπια υπάρχει πολύ μικρότερη απορρόφηση φωτονίων και έτσι το είδωλο που σχηματίζεται είναι λαμπρότερο, αν και αντεστραμμένο.

Στα μεγάλα τηλεσκόπια που χρησιμοποιούμε για την παρατήρηση των ουράνιων σωμάτων ο αντικειμενικός φακός αντικαθίσταται συνήθως από ένα κοίλο κάτοπτρο (εικόνα 9.20). Τα τηλεσκόπια αυτά ονομάζονται κατοπτρικά.



Εικόνα 9.20

Στοιχεία κατοπτρικού τηλεσκοπίου.

Το γήινο τηλεσκόπιο

Αν προσθέσουμε στο σύστημα των φακών ενός τηλεσκοπίου έναν τρίτο φακό ή ένα σύστημα από τριγωνικά πρίσματα που προκαλούν τετραπλή ανάκλαση, το είδωλο προκύπτει τελικά όρθιο. Ένα τέτοιο τηλεσκόπιο ονομάζεται **γήινο τηλεσκόπιο**. Ένα ζεύγος γήινων τηλεσκοπίων τοποθετημένων δίπλα δίπλα δημιουργούν τα κιάλια (εικόνα 9.21).



Εικόνα 9.21

Το γήινο τηλεσκόπιο: τα κιάλια
Τα βασικά μέρη μιας διόπτρας (κιάλια).

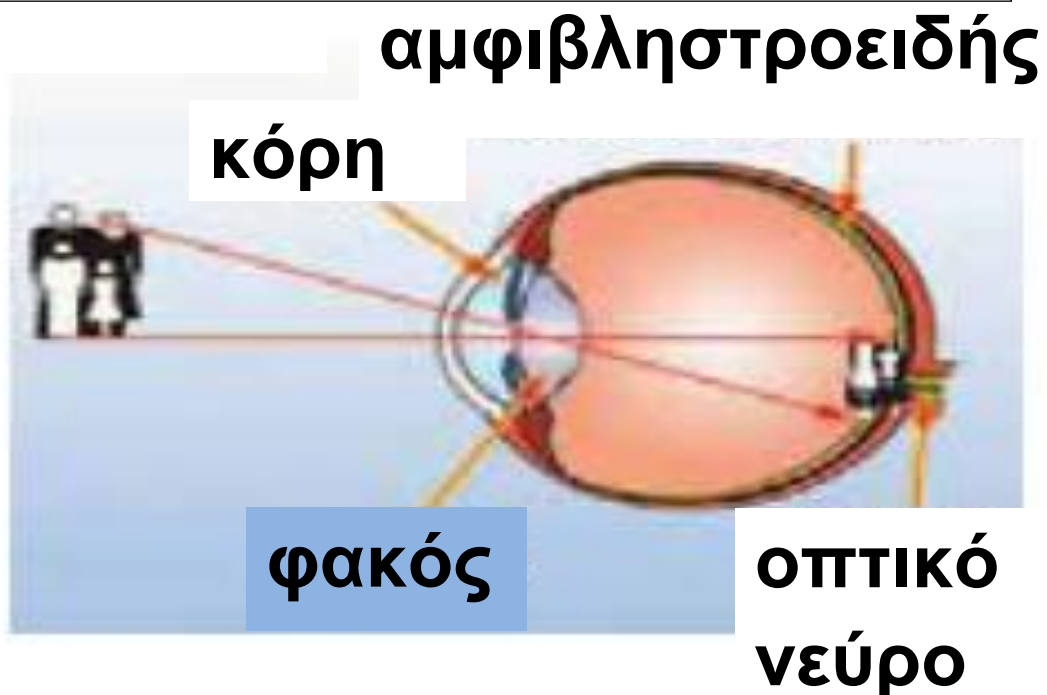
Το μάτι

Το μάτι έχει σχήμα σχεδόν σφαιρικό και είναι γεμάτο παχύρρευστο υγρό. Στο εμπρόσθιο μέρος υπάρχει μικρό άνοιγμα, η κόρη, και πίσω από αυτή ένας φακός.

Οι φωτεινές δέσμες που προέρχονται από ένα αντικείμενο εισέρχονται στο μάτι μέσω της κόρης. Ο αριθμός των φωτονίων που εισέρχεται ρυθμίζεται από το έγχρωμο τμήμα του ματιού, την ίριδα, που περιβάλλει την κόρη. Το φως διέρχεται μέσω του διαφανούς περιβλήματος το οποίο ονομάζεται κερατοειδής χιτώνας και διαθλάται στο φακό και το υγρό. Οι διαθλώμενες ακτίνες εστιάζονται στον αμφιβληστροειδή χιτώνα ο οποίος βρίσκεται στο πίσω μέρος του ματιού και είναι εξαιρετικά

ευαίσθητος στο φως. Το είδωλο του αντικειμένου σχηματίζεται πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα αντεστραμμένο. Εκεί εξαπλώνεται το οπτικό νεύρο το οποίο συνδέει το μάτι με τον εγκέφαλο. Αν και το είδωλο σχηματίζεται αντεστραμμένο, ο εγκέφαλος που είναι ο τελικός επεξεργαστής του ερεθίσματος δημιουργεί την εντύπωση του όρθιου (εικόνα 9.22).

Εικόνα 9.22 Τα μέρη του ματιού.



Το μάτι προσαρμόζεται

Κατάλληλοι μύες μεταβάλλουν αυτόματα την καμπυλότητα του φακού, μεταβάλλοντας συνεπώς την εστιακή του απόσταση, έτσι ώστε το είδωλο να σχηματίζεται πάντα στον αμφιβληστροειδή, είτε το αντικείμενο βρίσκεται κοντά είτε πολύ μακριά από το μάτι.

Ελαττώματα της όρασης

Αν διαθέτεις αυτό που ονομάζουμε κανονική όραση, μπορείς να δεις καθαρά και αντικείμενα που βρίσκονται σε απόσταση 25 εκατοστών από εσένα (κοντινό σημείο). Τα ελαττώματα της όρασης συνδέονται με την αδυναμία του ματιού να σχηματίσει το είδωλο του αντικειμένου πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Μερικά από τα ελαττώματα της όρασης διορθώ-

νονται με τη χρήση γυαλιών ή φακών επαφής (εικόνα 9.23).



Εικόνα 9.23

Τα γυαλιά είναι κατάλληλοι φακοί που διορθώνουν κάποια από τα ελαττώματα της όρασης.

Πρεσβυωπία-Υπερμετρωπία

Θα έχεις πιθανόν παρατηρήσει τον παππού σου ή τη γιαγιά σου να φέρνει ένα αντικείμενο, για παράδειγμα μια εφημερίδα, σε μεγάλη απόσταση από τα μάτια του για να το δει καθαρότερα. Γιατί συμβαίνει αυτό;

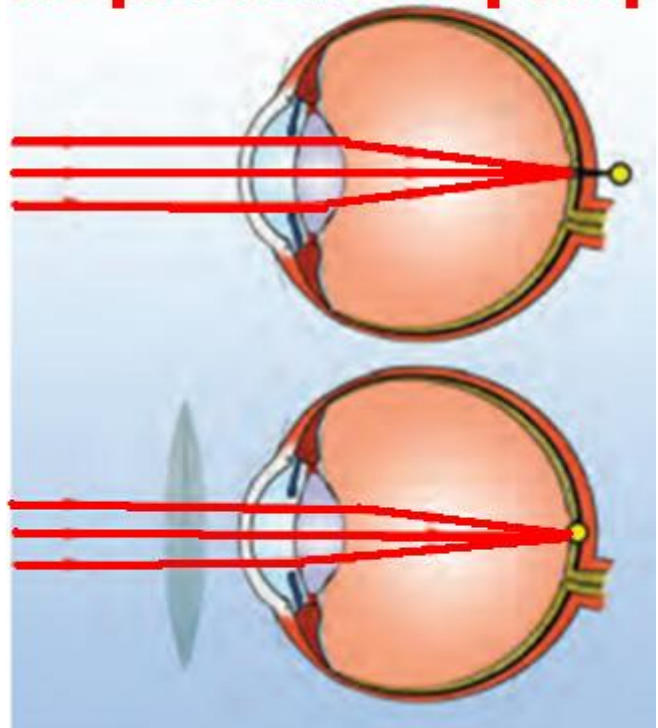
Συνήθως με το πέρασμα των χρόνων το μάτι χάνει την ικανότητά

του να προσαρμόζει το φακό ανάλογα με την απόσταση του αντικειμένου ώστε να σχηματίζει το είδωλο πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Επίσης σε ορισμένα άτομα ο βολβός μπορεί να έχει μικρότερο βάθος από το κανονικό. Στις παραπάνω περιπτώσεις το είδωλο ενός κοντινού αντικειμένου σχηματίζεται μπροστά από τον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Αυτό το ελάττωμα διορθώνεται με τη χρήση ενός συγκλίνοντος φακού, ο οποίος προκαλεί σύγκλιση των ακτινών ώστε να εστιάσουν στον αμφιβληστροειδή χιτώνα (εικόνα 9.24).

Εικόνα 9.24

**Η πρεσβυωπία
και η διόρθωσή
της**

**Κάποιος που έχει
πρεσβυωπία δεν
μπορεί να δει
καθαρά κοντινά
αντικείμενα. Το
είδωλο**



**σχηματίζεται πίσω από τον
αμφιβληστροειδή. Ένας συγκλίνων
φακός διορθώνει αυτό το ελάττωμα.
Οι φωτεινές ακτίνες διαθλώνται
αρχικά στο φακό και στη συνέχεια στο
μάτι μας, και τελικά το είδωλο
σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή.**

Μυωπία

**Κάποιοι από τους συμμαθητές
σου –πιθανόν και εσύ ο ίδιος– να**

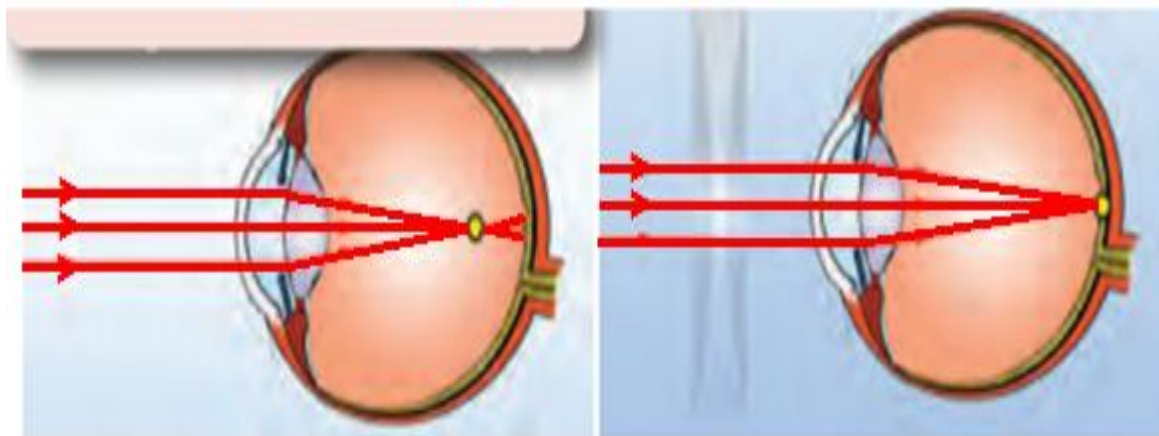
μην μπορούν να δουν πολύ καθαρά αντικείμενα που βρίσκονται μακριά, για παράδειγμα τα γράμματα στον πίνακα της αίθουσας.

Όταν όμως πλησιάσουν αρκετά στον πίνακα, τότε τα διακρίνουν με ευκρίνεια. Γιατί συμβαίνει αυτό;

Αν ο φακός του ματιού έχει μικρή ακτίνα καμπυλότητας ή αν το μήκος του βολβού είναι μεγάλο, τότε το είδωλο ενός μακρινού αντικειμένου σχηματίζεται μπροστά από τον αμφιβληστροειδή, η όραση δεν είναι καθαρή και λέμε ότι ο οφθαλμός είναι μυωπικός. Για να διορθώσουμε αυτό το ελάττωμα, χρησιμοποιούμε έναν αποκλίνοντα φακό μπροστά από το μάτι. Ο αποκλίνων φακός προκαλεί απόκλιση των φωτεινών ακτίνων, με αποτέλεσμα το είδωλο να σχηματίζεται πάνω

στον αμφιβληστροειδή χιτώνα
(εικόνα 9.25).

Φυσική και Τεχνολογία και Ιατρική



Εικόνα 9.25

Η μυωπία και η διόρθωσή της

Ένας άνθρωπος που έχει μυωπία δεν μπορεί να δει καθαρά τα μακρινά αντικείμενα. Το είδωλο σχηματίζεται μπροστά από τον αμφιβληστροειδή. Ένας αποκλίνων φακός διορθώνει το παραπάνω ελάττωμα.

► Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:

1. Συμπλήρωσε τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:

α. Οι φακοί είναι παχύτεροι στο μέσον και λεπτότεροι στα άκρα και μετατρέπουν μια δέσμη παράλληλων φωτεινών ακτίνων σε Γι' αυτό και ονομάζονται φακοί. Ο μεγεθυντικός φακός είναι φακός.

β. Οι φακοί είναι λεπτότεροι στο μέσο και παχύτεροι στα άκρα. Μετατρέπουν μια δέσμη παράλληλων φωτεινών ακτίνων σε

..... Ονομάζονται λοιπόν
..... φακοί.

2. Τοποθέτησε ένα αναμμένο κεριό έτσι ώστε η φλόγα του να βρίσκεται στην εστία ενός λεπτού συγκλίνοντος φακού. Να σχεδιάσεις την πορεία των ακτίνων που προέρχονται από τη φλόγα του κεριού και διαθλώνται στο φακό.

3. Τοποθέτησε μια πηγή λέιζερ έτσι ώστε η μονοχρωματική φωτεινή δέσμη την οποία παράγει να είναι παράλληλη προς τον κύριο άξονα ενός αποκλίνοντος φακού και να διέρχεται μέσα από αυτόν. Να σχεδιάσεις την πορεία των φωτεινών ακτίνων της δέσμης μετά τη διάθλασή τους από το φακό.

► Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε τεκμηριωμένες απαντήσεις για τις ερωτήσεις που ακολουθούν:

4. Ποιες είναι οι κύριες διαφορές σ' ένα αστρονομικό και ένα γήινο τηλεσκόπιο;

5. Ποιο όργανο μοιάζει περισσότερο με το μάτι; Ένα τηλεσκόπιο, ένα μικροσκόπιο ή μια φωτογραφική μηχανή;

6. Οι χάρτες της Σελήνης τη δείχνουν συνήθως αντεστραμμένη. Γιατί νομίζεις ότι συμβαίνει αυτό;

7. Να υποθέσεις ότι η φωτογραφική σου μηχανή έχει εστιάσει στο φιλμ το είδωλο ενός ανθρώπου που βρίσκεται σε απόσταση 2 m. Στη συνέχεια θέλεις να φωτογραφίσεις ένα δέντρο που βρίσκεται μακρύτερα. Ο φακός θα πρέπει να πλησιάσει ή να απομακρυνθεί από

το φιλμ; Αιτιολόγησε την απάντησή σου.

8. Γιατί ένας μεγεθυντικός φακός ονομάζεται «γυαλί που βάζει φωτιά»;

Ασκήσεις

ασκήσεις

1. Θέλεις να φωτογραφίσεις το είδωλό σου που σχηματίζεται σε ένα επίπεδο καθρέφτη. Αν στέκεσαι σε απόσταση 1,5 m από τον καθρέφτη, σε ποια απόσταση πρέπει να εστιάσεις τη φωτογραφική σου μηχανή;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Υπάρχουν δύο είδη φακών: οι συγκλίνοντες και οι αποκλίνοντες.
- Φωτεινές ακτίνες παράλληλες μεταξύ τους μετά τη διάθλασή τους σε συγκλίνοντα ή αποκλίνοντα φακό συγκλίνουν ή αποκλίνουν αντίστοιχα.
- Το σημείο σύγκλισης διαθλωμένων ακτινών ή των προεκτάσεών του ονομάζεται εστία του φακού.
- Το είδος του ειδώλου που σχηματίζει ένας συγκλίνων φακός εξαρτάται από τη σχετική θέση του αντικειμένου ως προς την εστία του.
- Ο αποκλίνων φακός σχηματίζει πάντοτε φανταστικό είδωλο, ορθό και μικρότερο του αντικειμένου.

□ Οι φακοί χρησιμοποιούνται στην κατασκευή οπτικών οργάνων όπως τηλεσκόπια, μικροσκόπια, φωτογραφικές μηχανές. Επιπλέον, βρίσκουν εφαρμογή στη διόρθωση ελαττωμάτων της όρασης, όπως είναι η μυωπία και η πρεσβυωπία.

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

**Συγκλίνων
φακός**

**Κύριος
άξονας**

Μυωπία

**Αποκλίνων
φακός
Κύρια
εστία**

**Οπτικά
όργανα**

Πρεσβυωπία

ΕΝΟΤΗΤΑ 4

ΠΥΡΗΝΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΥΡΗΝΑΣ

Κεφάλαιο 10 : Ο ατομικός πυρήνας

Κεφάλαιο 11 : Πυρηνικές
αντιδράσεις



Από πού προέρχεται μια η θερμική ενέργεια μιας φυσικής θερμής πηγής ή ενός θερμοπίδακα; Γιατί το υλικό που εκτοξεύεται στις εκρήξεις των ηφαιστείων είναι σε διάπυρη κατάσταση; Τα φαινόμενα αυτά δείχνουν ότι στο εσωτερικό της Γης, σε μεγάλο βάθος υπάρχει μια μεγάλη πηγή θερμικής ενέργειας. Ένα μεγάλο μέρος της θερμικής ενέργειας του εσωτερικού της Γης οφείλεται σε διεργασίες που συμβαίνουν στους πυρήνες των ατόμων ορισμένων στοιχείων. Πρόκειται για την πυρηνική ενέργεια ή ραδιενέργεια (radio energy) που απελευθερώνουν τα ραδιενεργά ορυκτά που υπάρχουν στα έγκατα, βαθιά στο εσωτερικό της Γης, Από πού προέρχεται η τεράστια ενέργεια που εκπέμπει ο ήλιος; Το μυστικό της ηλιακής ενέργειας βρίσκεται,

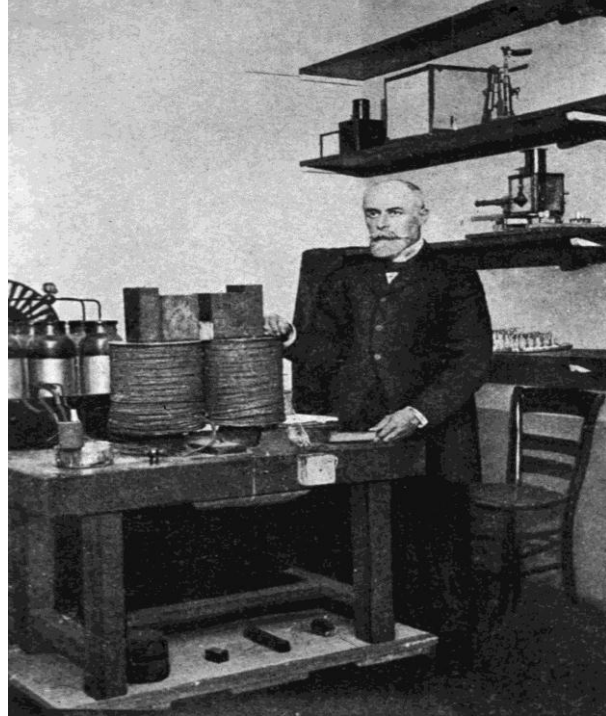
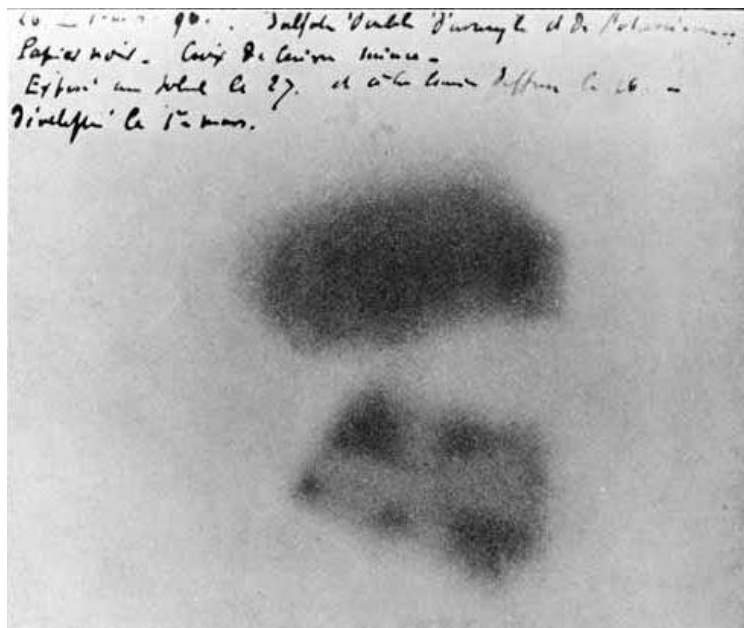
και αυτή, κρυμμένο βαθιά στο εσωτερικό της ύλης: στον πυρήνα των ατόμων. Στην παρούσα ενότητα θα μάθουμε να εξηγούμε όλα αυτά τα φαινόμενα. Διεισδύουμε στο εσωτερικό του ατόμου, γνωρίζουμε τα σωμάτια που το απαρτίζουν και τον τρόπο που αλληλεπιδρούν.

Περιγράφουμε το φαινόμενο της πυρηνικής σχάσης, δηλαδή τις μεταβολές που συμβαίνουν στον ατομικό πυρήνα όταν διασπάται, καθώς και το φαινόμενο της πυρηνικής σύντηξης, δηλαδή τη διαδικασία της συνένωσης δύο πυρήνων. Τέλος, συζητάμε πώς ο άνθρωπος κατάφερε να αξιοποιήσει τη γνώση του για την πυρηνική σχάση και σύντηξη σε θαυμαστές τεχνολογικές εφαρμογές, που οφείλουν να αποσκοπούν στη Βελτίωση του Βιοτικού επιπέδου κάθε πολίτη.

μια μικρή ιστορία

Ο συννεφιασμένος Παρισινός ουρανός σύμμαχος σε μια σημαντική Επιστημονική ανακάλυψη. Το Φεβρουάριο του 1896 ο Ανρί Μπεκερέλ, καθηγητής στην περίφημη Πολυτεχνική Σχολή του Παρισιού πειραματιζόταν σχετικά με τη φύση των ακτινοβολιών που εξέπεμπαν ορισμένες ενώσεις του στοιχείου του ουρανίου, όταν αυτές φωτίζονταν από ηλιακό φως. Εξέθετε για αρκετή ώρα τις ουσίες στο ηλιακό φως και στη συνέχεια μετρούσε τα αποτελέσματα των ακτινοβολιών, από το πόσο έντονα αυτές αμαύρωναν μια φωτογραφική πλάκα. Πίστευε ότι το ουράνιο ακτινοβολούσε λόγω φθορισμού, που προκαλούσε το ηλιακό φως. Την τελευταία εβδομάδα του μήνα ο

Ήλιος είχε κρυφτεί πίσω από τα βαριά σύννεφα και ο Μπεκερέλ σταμάτησε τα πειράματα. Έβαλε το φιλμ μαζί με τις ενώσεις ουρανίου σ' ένα σκοτεινό συρτάρι και περίμενε να ξαναβγεί ο Ήλιος. Επειδή η συννεφιά συνεχιζόταν, προς το τέλος του μήνα, απογοητευμένος, αποφάσισε να εμφανίσει το φιλμ. Περίμενε να δει μια πολύ αμυδρή εικόνα. Προς μεγάλη του έκπληξη παρατήρησε ότι το φιλμ είχε αμαυρωθεί έντονα. Συμπέρανε ότι το ουράνιο ακόμη και στο σκοτάδι εξέπεμπε μια άγνωστη ακτινοβολία. Για πρώτη φορά στην Ιστορία, ο Μπεκερέλ είχε παρατηρήσει τα αποτελέσματα της ραδιενέργειας.



Στο κεφάλαιο αυτό:

- Θα μάθεις ποια σωματίδια αποτελούν τον πυρήνα των ατόμων και θα γνωρίσεις τα χαρακτηριστικά τους.

- Θα γνωρίσεις πώς αλληλεπιδρούν τα σωματίδια του πυρήνα ενός ατόμου, καθώς και για το φαινόμενο της ραδιενέργειας και τα είδη της ραδιενεργού ακτινοβολίας.
- Θα ενημερωθείς για τη βιολογική δράση της ραδιενεργού ακτινοβολίας και προστατευόμαστε από αυτή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

Ο ΑΤΟΜΙΚΟΣ ΠΥΡΗΝΑΣ

ΠΥΡΗΝΑΣ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ: Ο ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΓΙΓΑΝΤΑΣ

Οι επιστήμονες ήδη από τα μέσα του 19ου αιώνα αντιμετώπιζαν το ερώτημα: Ποια είναι η προέλευση της ηλιακής ενέργειας; Η απάντηση ήλθε πολύ αργότερα όταν μέσω του πειράματος διείσδυσαν στο εσωτερικό του ατόμου και ανακάλυψαν τον πυρήνα του ατόμου και τη δομή του (Εικόνα 10.1).

Έτσι έδωσαν απάντηση στο ερώτημα γιατί ο Ήλιος και τα αστέρια λάμπουν στον ουρανό.



Εικόνα 10.1
Οι δομικοί λίθοι της ύλης.

10.1 Περιγραφή του πυρήνα

Το 1911 ο Ράδερφορντ (Rutherford) και οι συνεργάτες του πραγματο-ποιώντας μια σειρά από πειράματα στο εργαστήριο του πανεπιστημίου του Μάντσεστερ στην Αγγλία κατά-φεραν να αποκαλύψουν την ύπαρξη του πυρήνα στα άτομα. Αναλύοντας τα αποτελέσματα των πειραμάτων κατέληξαν στα συμπεράσματα ότι ο πυρήνας του ατόμου: α) αν θεωρη-θεί σφαιρικός, έχει ακτίνα 10.000 φορές μικρότερη από αυτή του ατό-μου β) έχει θετικό ηλεκτρικό φορτίο και γ) έχει το συντριπτικά μεγαλύ-τερο μέρος της μάζας του ατόμου.

Το ελαφρύτερο από τα άτομα είναι του υδρογόνου. Στον πυρήνα του ατόμου του υδρογόνου δόθηκε το όνομα πρωτόνιο. Επειδή ο πυρήνας είναι θετικά φορτισμένος, και το

πρωτόνιο πρέπει να έχει θετικό φορτίο. Γνωρίζουμε ότι τα άτομα, άρα και το άτομο του υδρογόνου, είναι ηλεκτρικά ουδέτερα. Συνεπώς το φορτίο του πρωτονίου είναι αντίθετο με το φορτίο του ηλεκτρονίου (στοιχειώδες φορτίο). Η μάζα του πρωτονίου είναι περίπου 2.000 φορές μεγαλύτερη από τη μάζα του ηλεκτρονίου.

Γενικότερα σε ένα ουδέτερο άτομο ο αριθμός των πρωτονίων του πυρήνα ισούται με τον αριθμό των ηλεκτρονίων. Αυτός ο αριθμός, που συμβολίζεται με Z , ονομάζεται ατομικός αριθμός (Εικόνα 10.2). Ο ατομικός αριθμός καθορίζει το χημικό στοιχείο στο οποίο ανήκει το άτομο. Όλα τα άτομα ενός ορισμένου στοιχείου έχουν τον ίδιο ατομικό αριθμό (Z), δηλαδή περιέχουν το ίδιο αριθμό πρωτονίων. Έτσι τα άτομα του

άνθρακα με $Z=6$ περιέχουν πάντα 6 πρωτόνια, ενώ του οξυγόνου με $Z=8$ περιέχουν 8 πρωτόνια.



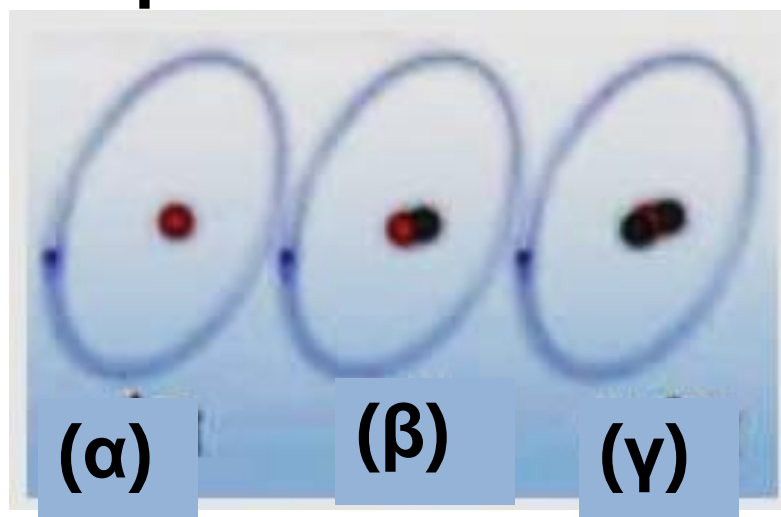
Εικόνα 10.2

Το άτομο του ηλίου όπως το φαντάστηκε ο Ράδεφορντ

Ο πυρήνας του στοιχείου ηλίου αποτελείται από δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια.

Ο Ράδεφορντ παρατήρησε ότι η μάζα του πυρήνα του ατόμου του

άνθρακα ήταν ίση με τη μάζα όχι 6 αλλά 12 πρωτονίων. Για να ερμηνεύσει την παραπάνω παρατήρηση, υπέθεσε ότι ο πυρήνας εκτός από πρωτόνια αποτελείται και από ουδέτερα σωματίδια με μάζα σχεδόν ίση με τη μάζα του πρωτονίου. Το 1932 ο Τσάντγουικ (Chadwick), ένας μαθητής του Ράδεφορντ, ανακάλυψε ένα τέτοιο σωματίδιο που το ονόμασε νετρόνιο, δηλαδή ουδετερόνιο (εικόνα 10.2). Επειδή τα νετρόνια είναι ουδέτερα, ο αριθμός τους δεν επηρεάζει τον αριθμό των ηλεκτρονίων του ατόμου.



Εικόνα 10.3

Τα τρία ισότοπα του υδρογόνου:

(α) πρώτιο ${}^1_1\text{H}$

(β) δευτέριο ${}^2_1\text{H}$

(γ) τρίτιο ${}^3_1\text{H}$

Τα πρωτόνια και τα νετρόνια ονομάζονται με μια λέξη **νουκλεόνια**. Ο συνολικός αριθμός των νουκλεονίων ενός πυρήνα ονομάζεται **μαζικός αριθμός** και συμβολίζεται με **A** (εικόνα 10.2). Στοιχεία με ατομικό αριθμό μέχρι 20 έχουν σχεδόν όλα ίσους αριθμούς πρωτονίων και νετρονίων. Όμως τα βαρύτερα στοιχεία έχουν περισσότερα νετρόνια απ' ό,τι πρωτόνια. Τα άτομα που έχουν τον ίδιο αριθμό πρωτονίων (ατομικό αριθμό) αλλά διαφορετικό αριθμό νετρονίων (άρα μαζικό αριθμό) ονομάζονται **ισότοπα**.

Τα ισότοπα συμβολίζονται με ${}^A_Z\text{Σ}$, όπου Σ το σύμβολο του στοιχείου. Το υδρογόνο έχει τρία ισότοπα (εικόνα 10.3), το χλώριο δύο με σύμβολα ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ και ${}^{37}_{17}\text{Cl}$, ενώ στο γήινο φλοιό υπάρχουν τρία ισό-

τοπα του ουρανίου με πιο κοινό το $^{238}_{92}\text{U}$. Από τα 83 στοιχεία που υπάρχουν στη Γη σε αξιόλογη ποσότητα, μόνο τα 20 έχουν μια μόνο σταθερή μορφή. Τα υπόλοιπα έχουν από δύο έως δέκα σταθερά ισότοπα. Αν λάβουμε υπόψη όλα τα ισότοπα, τότε ο αριθμός των διαφορετικών πυρήνων ανέρχεται περίπου σε 2.500. Όλα τα ισότοπα ενός στοιχείου αποτελούνται από άτομα που ο πυρήνας τους έχει τον ίδιο αριθμό πρωτονίων και άρα τα άτομά τους περιέχουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων. Επειδή οι χημικές ιδιότητες ενός στοιχείου καθορίζονται από τον αριθμό των ηλεκτρονίων των ατόμων του, δηλαδή τον ατομικό αριθμό, όλα τα ισότοπα ενός στοιχείου έχουν τις ίδιες χημικές ιδιότητες. Έχουν όμως διαφορετικές φυσικές ιδιότητες, όπως

πυκνότητα, σημείο τήξης, σημείο βρασμού κ.λπ.

Είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο ότι τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια του ατόμου συγκρατούνται σε αυτό από τις ελκτικές ηλεκτρικές δυνάμεις που τους ασκεί ο θετικά φορτισμένος πυρήνας.

Όμως ποιες δυνάμεις συγκρατούν τα συστατικά του πυρήνα;

Ο πυρήνας αποτελείται από θετικά φορτισμένα πρωτόνια και από ουδέτερα νετρόνια. Μεταξύ των πρωτονίων ασκούνται ισχυρές απωστικές δυνάμεις.

Πού οφείλεται λοιπόν η σταθερότητα των πυρήνων; Γιατί τα πρωτόνια δεν εκσφενδονίζονται μακριά το ένα από το άλλο;

Το 1935 ο Ιάπωνας φυσικός Γιουκάβα (εικόνα 10.4) για να ερμηνεύσει το σχηματισμό των πυρήνων,

πρότεινε την ύπαρξη μιας άγνωστης μέχρι τότε δύναμης. Η δύναμη αυτή, ασκείται μέσα στον πυρήνα και είναι ισχυρότατα ελκτική ώστε να υπερνικά την άπωση μεταξύ των πρωτονίων (εικόνα 10.5). Αυτή η δύναμη ονομάζεται **ισχυρή πυρηνική δύναμη**. Η ισχυρή πυρηνική δύναμη ή ισχυρή αλληλεπίδραση είναι πολύ μικρής εμβέλειας, δηλαδή ασκείται μόνο μεταξύ νουκλεονίων που η απόστασή τους είναι μικρότερη από 10^{-15}m (εικόνα 10.6, 10.7)

Εικόνα 10.4

Χιντέκι Γιουκάβα
(Yukawa Ideki,
1907-1981)

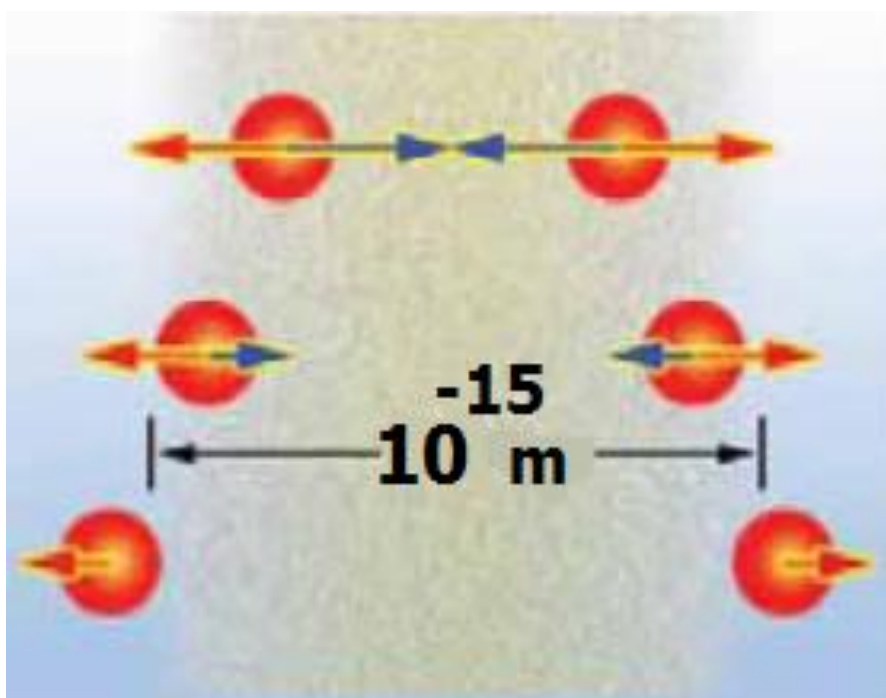
Σπούδασε Φυσική στην
Ιαπωνία και σε ηλικία
22 ετών έγινε
καθηγητής στο

φυσική και
ιστορία



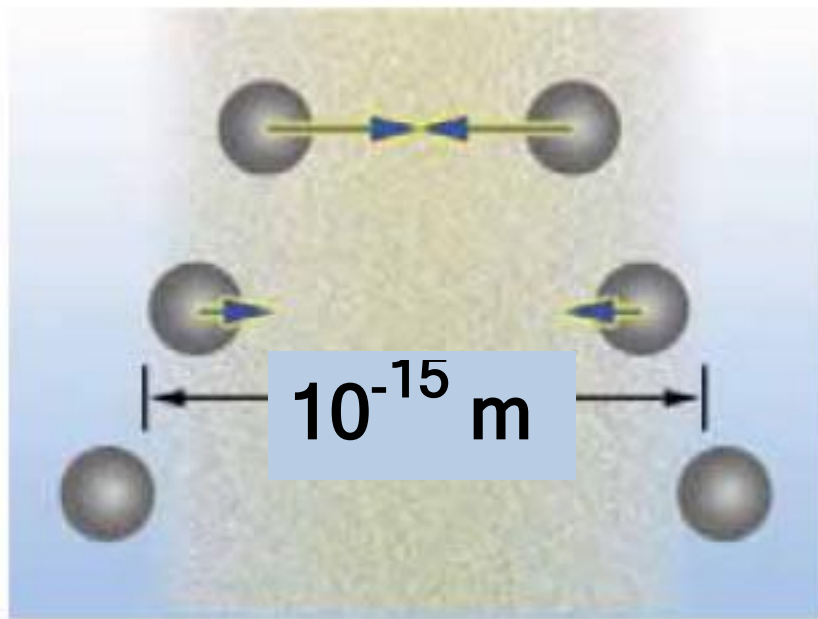
πανεπιστήμιο του Κιότο. Ο Γιουκάβα είναι ο πρώτος Ιάπωνας επιστήμονας που πήγε στις ΗΠΑ μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, όπου και έγινε καθηγητής της Θεωρητικής Φυσικής στο Πανεπιστήμιο Κολούμπια. Είναι ο πρώτος Ιάπωνας φυσικός που τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ Φυσικής το 1949.

Εικόνα 10.5 Η εμβέλεια της πυρηνικής δύναμης.



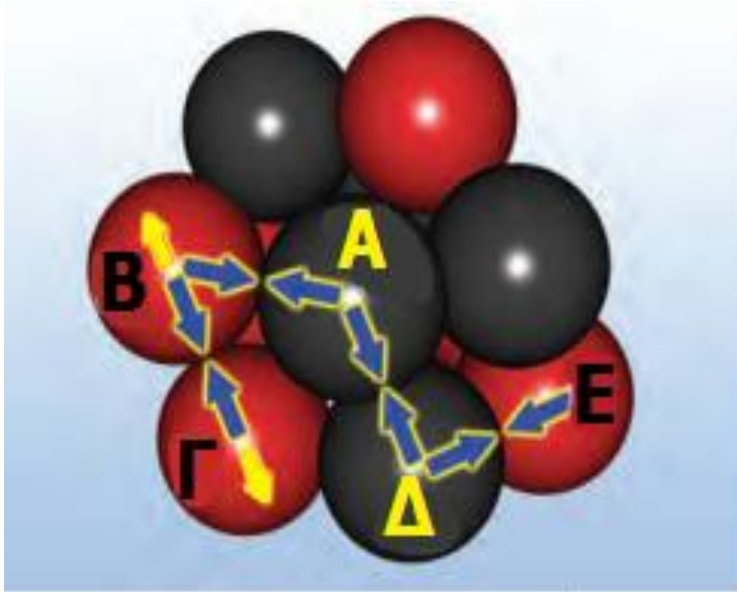
Τα πρωτόνια αλληλεπιδρούν: (α) με ηλεκτρικές δυνάμεις (απωστικές), (β)

με ισχυρές πυρηνικές (ελκτικές). Σε απόσταση μεγαλύτερη από 10^{-15} m η ισχυρή πυρηνική δύναμη σχεδόν μηδενίζεται.



Εικόνα 10.6

Η εμβέλεια της πυρηνικής δύναμης. Τα νετρόνια αλληλεπιδρούν μόνο με ισχυρές πυρηνικές δυνάμεις (ελκτικές).



Εικόνα 10.7 Νετρόνια: η κόλλα του πυρήνα

**Το πρωτόνιο Β
και το νετρόνιο
Α βρίσκονται
πολύ κοντά.**

**Έλκονται με ισχυρή πυρηνική δύναμη.
Τα νετρόνια Α και Δ είναι κοντά και
έλκονται με ισχυρή πυρηνική δύναμη.
Το πρωτόνιο Ε και το νετρόνιο Δ
βρίσκονται πολύ κοντά και έλκονται
με ισχυρή πυρηνική δύναμη. Τελικά τα
νετρόνια λειτουργούν ως «κόλλα» η
οποία συγκρατεί τα μακρινά πρωτόνια
Β και Ε στον πυρήνα.**

**Γι' αυτό το λόγο οι πυρήνες έχουν
πάρα πολύ μικρό μέγεθος. Η πυρην-
νική δύναμη ασκείται μόνο μεταξύ
γειτονικών πρωτονίων και νετρο-**

νίων, είναι ελκτική και εξίσου ισχυρή για τα ζεύγη πρωτονίου-πρωτονίου, πρωτονίου-νετρονίου και νετρονίου-νετρονίου. Εξαιτίας αυτής της ισοδυναμίας τα πρωτόνια και τα νετρόνια ονομάζονται με μια λέξη νουκλεόνια.

Γιατί είναι αναγκαία η ύπαρξη των νετρονίων για το σχηματισμό ενός πυρήνα;

Τα πρωτόνια όταν βρίσκονται πολύ κοντά έχουν πολύ μεγάλες κινητικές ενέργειες με αποτέλεσμα να απομακρύνονται μεταξύ τους. Όσο όμως αυξάνεται η απόσταση των πρωτονίων η ισχυρή πυρηνική δύναμη εξασθενεί και η απωστική ηλεκτρική δύναμη υπερισχύει. Αν όμως μεταξύ των πρωτονίων μεσολαβούν νετρόνια, τότε μεταξύ πρωτονίων-νετρονίων αναπτύσ-

σονται μόνο οι ελκτικές ισχυρές πυρηνικές δυνάμεις (εικόνα 10.7) και έτσι τα νετρόνια λειτουργούν ως «κόλλα» που διατηρεί τα πρωτόνια σε κοντινή απόσταση. Όσο περισσότερα πρωτόνια υπάρχουν σε ένα πυρήνα, τόσο περισσότερα νετρόνια απαιτούνται για να συγκρατηθούν ενωμένα. Γι' αυτό και στους βαρύτερους πυρήνες υπάρχουν περισσότερα νετρόνια από πρωτόνια.

10.2 Ραδιενέργεια

Το 1896 ο Γάλλος φυσικός Μπεκερέλ (Bekerelel) ανακάλυψε ότι μερικά στοιχεία, όπως το ουράνιο, εξέπεμπαν αυθόρμητα κάποιες «ακτίνες» οι οποίες αμαύρωναν τις φωτογραφικές πλάκες. Η έρευνα συνεχίστηκε από το Ράδερφορντ

και τους Πιέρ και Μαρία Κιουρί (Curie) (εικόνα 10.8) οι οποίοι ανακάλυψαν δύο νέα στοιχεία που εξέπεμπαν παρόμοιες ακτίνες, το πολώνιο και το ράδιο.



Εικόνα 10.8

Ο Πιέρ και η Μαρία Κιουρί στο εργαστήριό τους στο Παρίσι.

Ποια ήταν η φύση και η προέλευση των νέων «ακτίνων»;

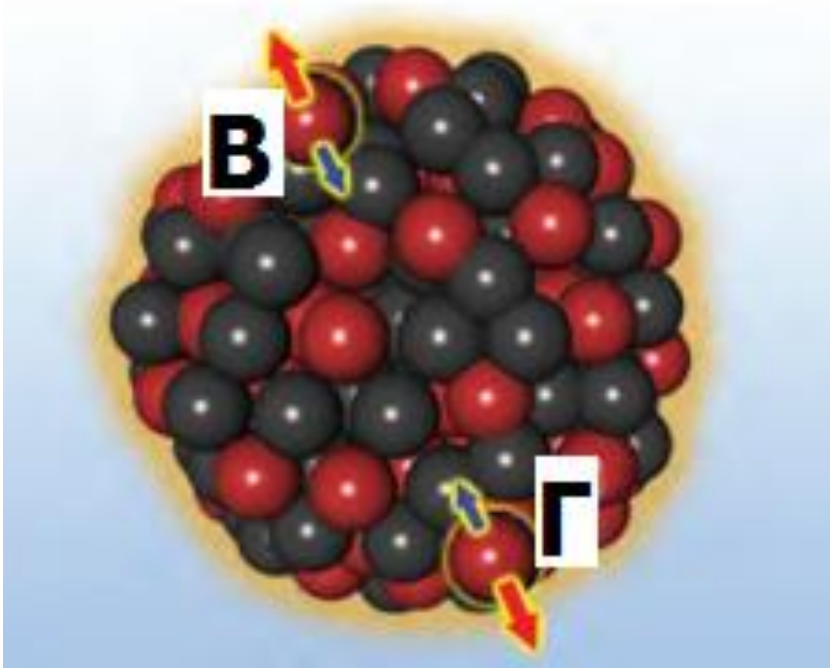
Οι ερευνητές μετά από προσεκτικές παρατηρήσεις κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι ακτίνες αυτές προέρχονταν από ενεργειακές μεταβολές που συνέβαιναν στον πυρήνα ορισμένων ατόμων.

**Διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν στοι-
χεία των οποίων οι πυρήνες δια-
σπώνται αυθόρμητα. Τα στοιχεία
αυτά λέγονται ραδιενεργά στοιχεία
και το φαινόμενο ονομάζεται ραδιε-
νεργός διάσπαση. Όλα τα στοιχεία
που είναι «βαρύτερα» από το μό-
λυβδο (ατομικός αριθμός 82) είναι
ραδιενεργά.**

**Πώς ερμηνεύουμε το γεγονός ότι
οι βαριοί πυρήνες διασπώνται
αυθόρμητα;**

**Στους μικρούς πυρήνες τα πρω-
τόνια βρίσκονται πολύ κοντά και
έτσι η ισχυρή πυρηνική δύναμη
υπερνικά εύκολα την απωστική
ηλεκτρική. Αντίθετα σ' ένα μεγάλο
πυρήνα τα πρωτόνια που βρίσκο-
νται στα άκρα του απέχουν πολύ
μεταξύ τους (Β και Γ στην εικόνα
10.9), οπότε η ελκτική δύναμη είναι
ασθενέστερη από την απωστική.**

Επομένως οι μεγάλοι πυρήνες δεν είναι τόσο σταθεροί όσο οι μικρότεροι.



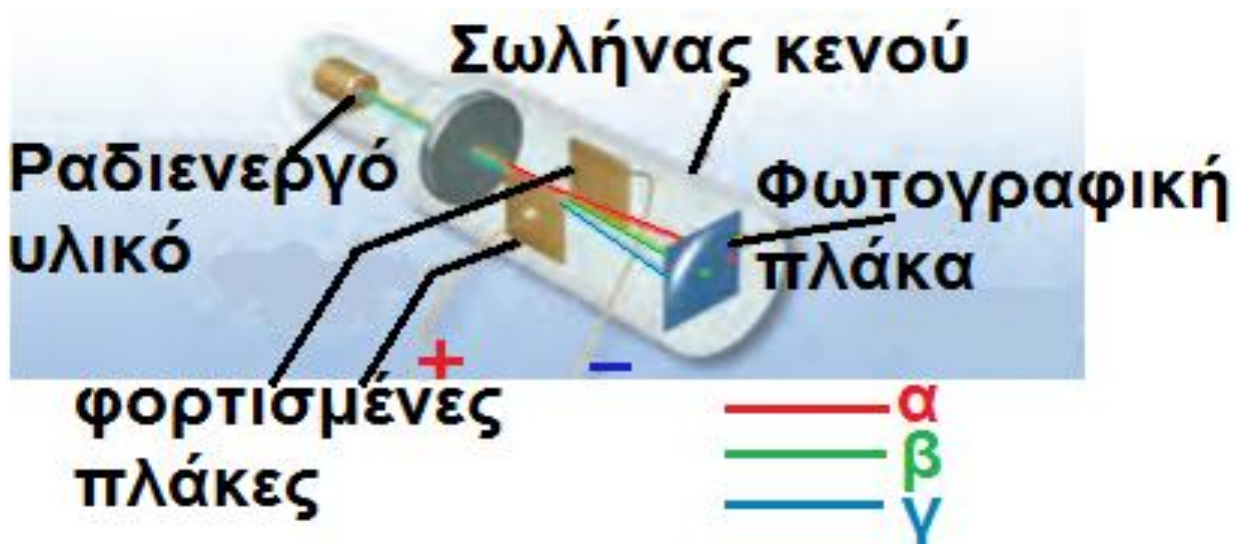
**Εικόνα
10.9**
Οι μεγάλοι
πυρήνες
είναι
ασταθείς
και
διασπώνται

ευκολότερα.

Ακτινοβολίες α, β, γ

Τα ραδιενεργά στοιχεία εκπέμπουν τρία διαφορετικά είδη ακτινοβολιών που πήραν τα ονόματά τους από τα τρία πρώτα γράμματα της ελληνικής αλφαβήτου α, β και γ. Με βάση τον τρόπο που κινούνται

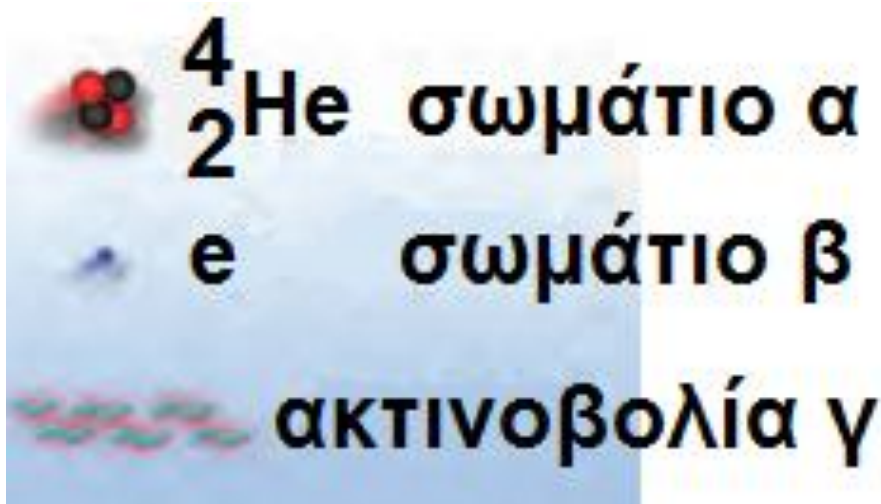
μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο προσδιορίστηκε η φύση τους (εικόνα 10.10).



Εικόνα 10.10

Οι ακτινοβολίες α , β , γ συμπεριφέρονται με διαφορετικό τρόπο όταν διέρχονται μέσα από ηλεκτρικό πεδίο. Η ακτινοβολία α έλκεται από μια αρνητικά φορτισμένη πλάκα, η β έλκεται από μια θετικά φορτισμένη, ενώ στη γ δεν ασκείται καμία ηλεκτρική δύναμη.

Έτσι προέκυψε ότι η ακτινοβολία α είναι θετικά φορτισμένα σωμάτια και μάλιστα πυρήνες ηλίου ${}^4_2\text{He}$, ενώ η β είναι αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια. Τέλος η γ είναι φωτόνια πολύ μεγάλης ενέργειας, δηλαδή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία όπως το ορατό φως (εικόνα 10.11).



Εικόνα 10.11

Τα τρία είδη της ραδιενεργού ακτινοβολίας

Διεισδυτικότητα των ραδιενεργών ακτινοβολιών

Οι ακτινοβολίες α , β , γ διεισδύουν σε διαφορετικό βαθμό στο εσωτερικό της ύλης (εικόνα 10.12). Ένα σωμάτιο α είναι εύκολο να σταματήσει γιατί έχει σχετικά μεγάλη μάζα και σχετικά μικρή ταχύτητα. Επιπλέον έχει το διπλάσιο του στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου οπότε αλληλεπιδρά ηλεκτρικά έντονα με την ύλη.



Εικόνα 10.12

Ένα λεπτό φύλλο χαρτί είναι αρκετό

για να σταματήσει την ακτινοβολία α. Για να απορροφηθεί η ακτινοβολία β χρειάζεται ένα λεπτό φύλλο μετάλλου. Οι ακτίνες γ μπορούν να διαπερνούν διάφορα υλικά ακόμα και μεγάλου πάχους. Για να τις σταματήσουμε χρησιμοποιούμε στρώματα μολύβδου μεγάλου πάχους.

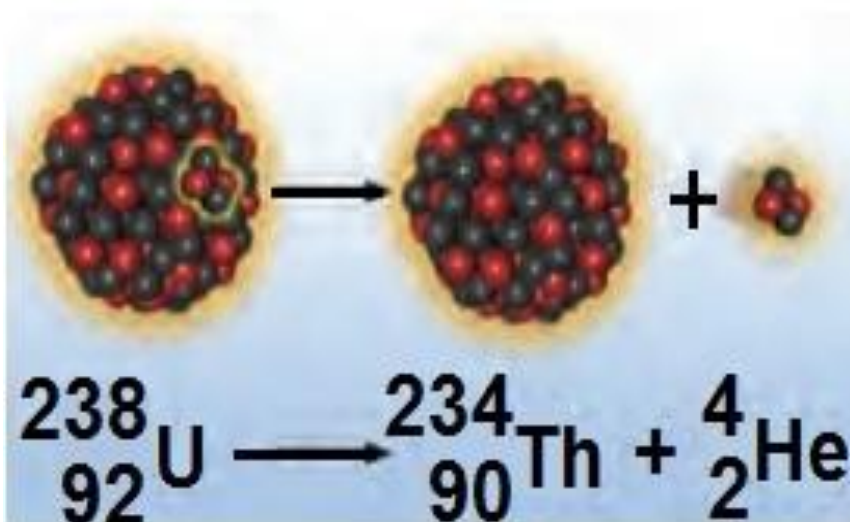
Ένα σωμάτιο β έχει πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα που πλησιάζει την ταχύτητα του φωτός και αρνητικό φορτίο ίσο με το φορτίο του ηλεκτρονίου. Συνεπώς σταματά πιο δύσκολα κυρίως λόγω συγκρούσεων με άλλα ηλεκτρόνια.

Η ακτινοβολία γ είναι η πιο διεισδυτική από τις τρεις, γιατί τα φωτόνια δεν έχουν φορτίο και μπορούν να απορροφηθούν μόνο από ένα ηλεκτρόνιο ή έναν πυρήνα. Απορροφάται κυρίως από στοιχεία

μεγάλου ατομικού αριθμού όπως ο μόλυβδος.

Διάσπαση α

Κάποιοι πυρήνες (μητρικοί) μετατρέπονται σε νέους πυρήνες (θυγατρικοί) εκπέμποντας σωμάτια α. Μια τέτοια διάσπαση ονομάζεται διάσπαση α. Επειδή τα σωματίδια α περιέχουν πρωτόνια και νετρόνια, ο θυγατρικός πυρήνας θα έχει μάζα και φορτίο διαφορετικό από εκείνο του μητρικού πυρήνα. Ο ατομικός του αριθμός (Z) θα είναι μικρότερος κατά δύο μονάδες, ενώ ο μαζικός αριθμός (A) κατά τέσσερις (εικόνα 10.13).



Εικόνα

10.13

Διάσπαση α-
εκπομπή σω-
ματιδίου α

Ο πυρήνας του ουρανίου

$^{238}_{92}\text{U}$ εκπέμπει ένα σωματίο α και
μετατρέπεται σε πυρήνα θορίου
 $^{234}_{90}\text{Th}$.

Διάσπαση β

Κατά τη διάσπαση β από το
μητρικό πυρήνα εκπέμπονται σω-
ματίδια β. Τα σωματίδια β είναι ηλε-
κτρόνια και επομένως ο θυγατρικός
πυρήνας θα έχει σχεδόν την ίδια
μάζα αλλά διαφορετικό φορτίο από
το μητρικό (εικόνα 10.14).



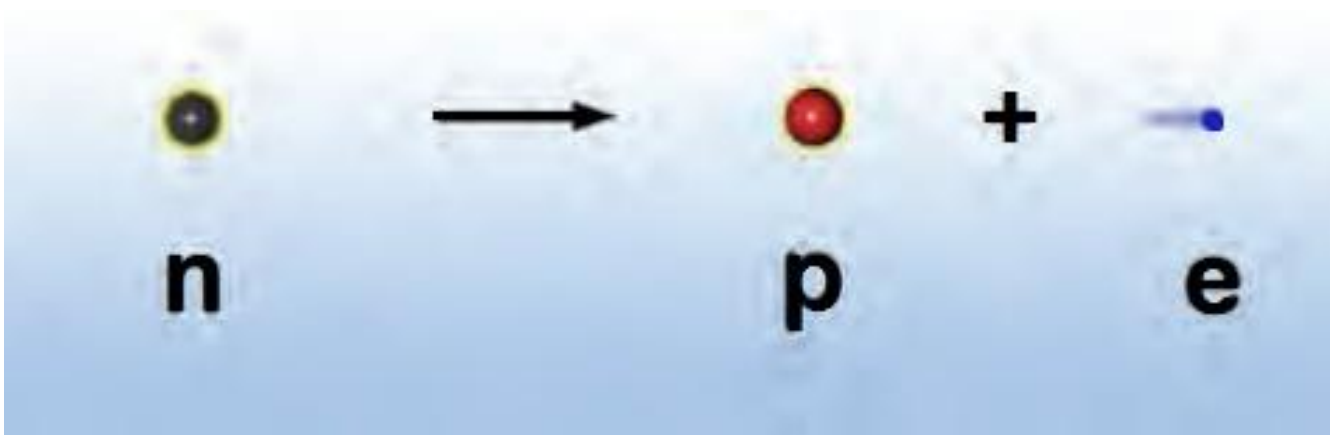
Εικόνα 10.14

Διάσπαση β - εκπομπή σωματιδίου β

Ο πυρήνας του θορίου $^{234}_{90}\text{Th}$ εκπέμπει ένα σωματίδιο β και μετατρέπεται σε πυρήνα πρωτακτινίου $^{234}_{91}\text{Pa}$

Πώς όμως εκπέμπονται ηλεκτρόνια από τον πυρήνα, αφού ο πυρήνας δεν περιέχει ηλεκτρόνια;

Μέσα στον πυρήνα ένα νετρόνιο μετασχηματίζεται σε ένα πρωτόνιο εκπέμποντας ένα ηλεκτρόνιο (εικόνα 10.15). Έτσι ο ατομικός αριθμός (Z) αυξάνεται κατά μια μονάδα, ενώ ο μαζικός αριθμός (A) διατηρείται σταθερός (εικόνα 10.14).



Εικόνα 10.15

Ερμηνεία της διάσπασης β

Ένα νετρόνιο του πυρήνα μετατρέπεται σε πρωτόνιο και ηλεκτρόνιο.

Το ηλεκτρόνιο διαφεύγει με πολύ μεγάλη ταχύτητα από τον πυρήνα με μορφή ακτινοβολίας β .

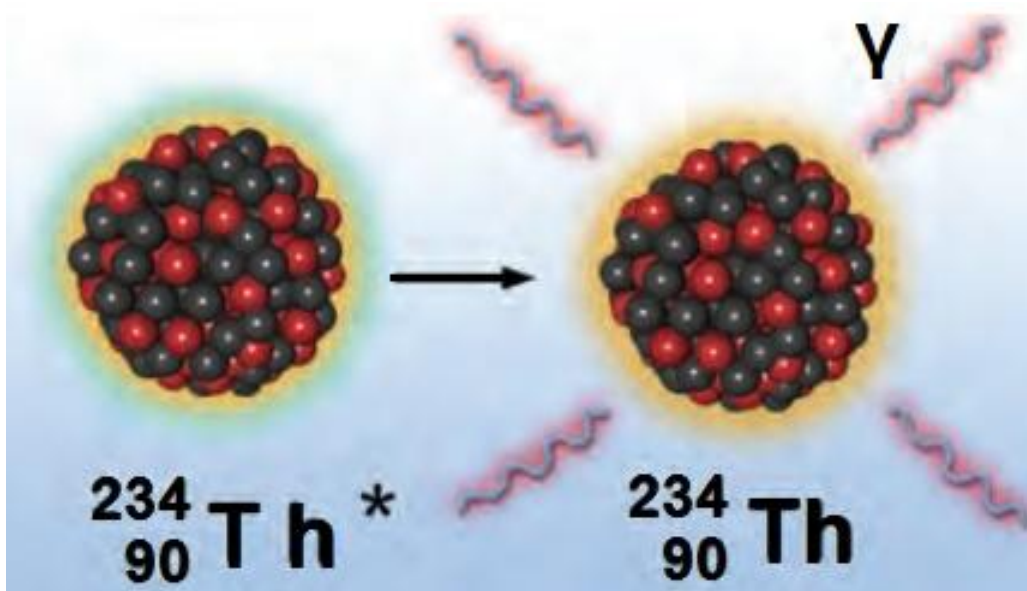
Κατά τις διασπάσεις α και β ο αρχικός πυρήνας μετατρέπεται σε πυρήνα άλλου στοιχείου ή συμβαίνει όπως λέμε μεταστοιχείωση.

Διάσπαση γ

Πώς παράγεται η ακτινοβολία γ κατά τη διάσπαση των ραδιενεργών πυρήνων;

Μετά από μια διάσπαση α ή β μερικές φορές ο θυγατρικός πυρήνας περικλείει ενέργεια περισσότερη απ' αυτή που αντιστοιχεί στη σταθερή του κατάσταση (θεμελιώδη) ή όπως λέμε βρίσκεται σε διεγερμένη κατάσταση. Στη συνέχεια εκπέμπει την επιπλέον ενέργεια με μορφή ενός φωτονίου μεγάλης ενέργειας που ονομάζεται φωτόνιο ακτινοβολίας γ και

μεταπίπτει στη θεμελιώδη κατάσταση (εικόνα 10.16).



Εικόνα 10.16

Ο διεγερμένος πυρήνας εκπέμπει ενέργεια με μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (φωτόνια πολύ μεγάλης ενέργειας).

Ανιχνευτές ραδιενεργών ακτινοβολιών

Τα φωτογραφικά φιλμ αμαυρώνονται όταν πέφτουν επάνω τους σωματίδια α ή β ή ακτίνες γ ,

επομένως είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση αυτών των σωματιδίων και των ακτίνων. Εκτός από τα φιλμ και πολλές άλλες συσκευές χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση φορτισμένων σωματιδίων και ακτίνων γ. Η λειτουργία των περισσότερων βασίζεται στον ιονισμό της ύλης όταν αυτή βομβαρδίζεται από σωματία μεγάλης ταχύτητας ή φωτόνια μεγάλης ενέργειας. Όταν ένα ουδέτερο άτομο συγκρουστεί με ένα σωματίο μεγάλης ενέργειας, τότε είναι δυνατόν κάποια ηλεκτρόνια του ατόμου να απορροφήσουν ενέργεια από τα σωματία και να απομακρυνθούν από το άτομο. Με αυτό τον τρόπο προκύπτουν ελεύθερα ηλεκτρόνια και θετικά ιόντα τα οποία μπορούν να ανιχνευτούν με κατάλληλη διάταξη. Ο πιο κοινός

τύπος ανιχνευτή ραδιενεργού ακτινοβολίας είναι ο μετρητής Γκάιγκερ (Geiger) (εικόνα 10.17).



Εικόνα 10.17

Έλεγχος ραδιενεργού ακτινοβολίας σε εργαζόμενους σε πυρηνικό εργοστάσιο με ανιχνευτή Γκάιγκερ.

10.3 Βιολογική δράση της ακτινοβολίας

Ο τρόπος με τον οποίο η ακτινοβολία επηρεάζει τους ζωντανούς οργανισμούς αναφέρεται ως βιολογική δράση της ακτινοβολίας.

Με τον όρο ακτινοβολία εννοούμε τόσο τις ραδιενεργές (α , β , γ), τα ταχέως κινούμενα πρωτόνια και νετρόνια όσο και την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (φωτόνια μεγάλης ενέργειας), για παράδειγμα τις ακτίνες Χ. Τα σωματίδια ή τα φωτόνια από τα οποία αποτελούνται οι ακτινοβολίες μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Τα φωτόνια ή τα σωματίδια αυτά, καθώς διέρχονται μέσα από την ύλη, συγκρούονται με τους δομικούς της λίθους. Κατά τις συγκρούσεις αυτές ένα μέρος της ενέργειας της ακτινοβολίας μεταφέρεται στα ηλεκτρόνια των ατόμων τα οποία απομακρύνονται από αυτά και έτσι δημιουργούνται ιόντα. Γι' αυτό αυτές τις ακτινοβολίες τις ονομάζουμε **ιονίζουσες ακτινοβολίες.**

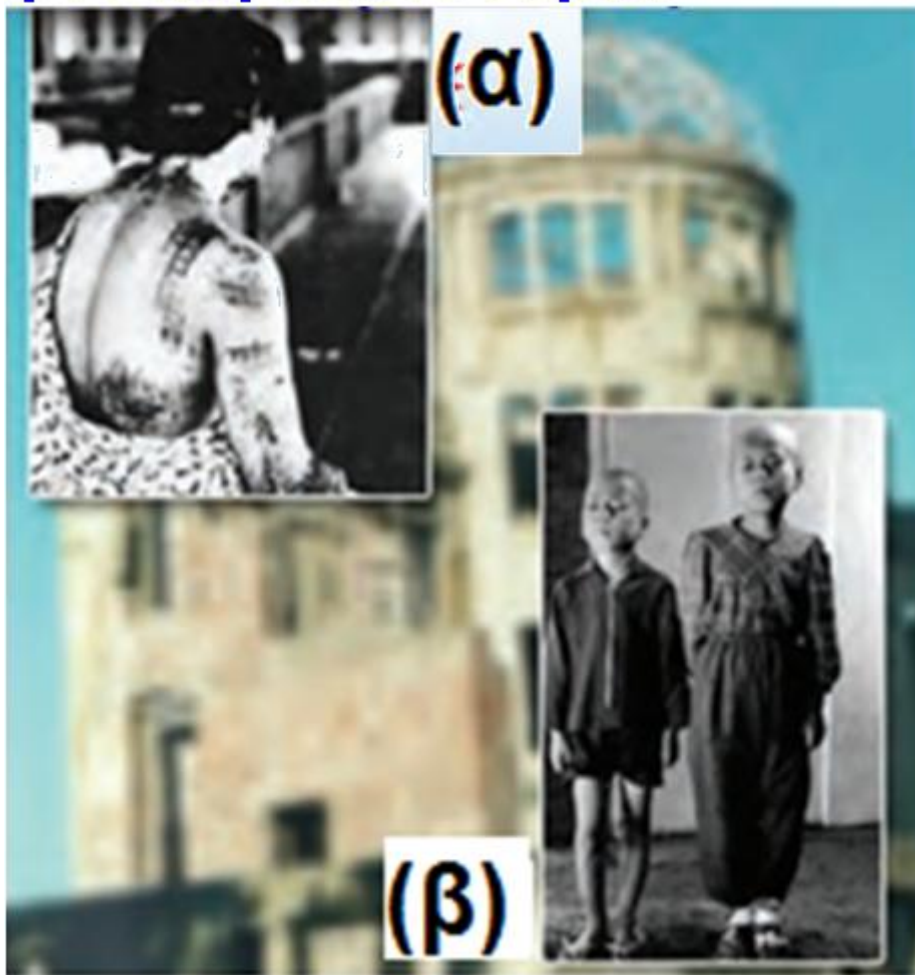
Κοσμική ακτινοβολία

Το μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας στην οποία όλοι εκτιθέμεθα είναι η κοσμική ακτινοβολία, δηλαδή η προερχόμενη από το διάστημα (κυρίως από τον Ήλιο και τα υπόλοιπα άστρα) και η οποία διέρχεται από την ατμόσφαιρα. Αν και η ατμόσφαιρα δρα ως προστατευτική ασπίδα σταματώντας τα περισσότερα πρωτόνια ή τα σωμάτια α, κάποιες κοσμικές ακτίνες τη διαπερνούν και φθάνουν στην επιφάνεια της Γης. Σε μεγαλύτερα ύψη η ακτινοβολία αυτή είναι πιο έντονη. Δεν πρέπει όμως να ξεχνάμε ότι το ανθρώπινο γένος εμφανίστηκε και εξελίχτηκε μέσα στο περιβάλλον αυτής της ακτινοβολίας, οπότε ο ανθρώπινος οργανισμός έχει προσαρμοστεί στην παραπάνω ακτινοβολία.

Δραστικότητα των ακτινοβολιών

Οι ιστοί καταστρέφονται όταν δεχθούν πολύ μεγάλες δόσεις ακτινοβολίας, όπως είναι η ηλιακή, οι ακτίνες Χ και όλες οι ραδιενεργές (εικόνα 10.18).

φυσική και ιστορία



**Εικόνα
10.18.
Φωτογρ
αφίες
επιπτώσ**

**εων από την ατομική βόμβα που
ρίφθηκε στη Χιροσίμα στις 5
Αυγούστου 1945**

(α) Η πλάτη μιας γυναίκας όπως έγινε από τα εγκαύματα που υπέστη από την έκρηξη της βόμβας ενώ βρισκόταν σε απόσταση μερικών χιλιομέτρων από τη θέση όπου εξερράγη. (β) Η εικόνα δύο παιδιών που έμμειναν χωρίς μαλλιά λίγες ημέρες μετά την έκρηξη λόγω της ισχυρής ακτινοβολίας που δέχτηκαν.

Η έκθεση σε ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει σχετικά ήπιες καταστροφές, για παράδειγμα η υπερβολική έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει έγκαυμα. Είναι όμως δυνατόν να οδηγήσει σε σοβαρές ασθένειες ακόμα και σε θάνατο όταν προκληθεί μαζική καταστροφή των κυττάρων των ιστών ή μεταβολές του γενετικού υλικού. Το πόσο επικίνδυνη είναι μια ακτινοβολία εξαρτάται από το είδος της (πίνακας 10.1).

ΠΙΝΑΚΑΣ 10.1

Ακτινοβολία	Σχετική βιολογική δραστικότητα
Ακτίνες Χ και γ	1
Ηλεκτρόνια	1,0 - 1,5
Βραδέα νετρόνια	3 - 5
Πρωτόνια	10
Σωματίδια α	20
Βαρέα ιόντα	20

Η δραστικότητα των ακτινοβολιών σχετίζεται με την ποσότητα της ενέργειας που μεταφέρεται από αυτές, καθώς και με το βαθμό απορρόφησης από τους ιστούς.



Εικόνα 10.19
Διεθνές σύμβολο
που δηλώνει την
περιοχή υψηλής
ραδιενεργού
ακτινοβολίας.

Όλοι οι άνθρωποι εκτίθενται σε ακτινοβολίες. Οι ακτινοβολίες προέρχονται είτε από φυσικές πηγές, όπως τα γήινα ορυκτά, το έδαφος και η κοσμική ακτινοβολία, είτε από ανθρώπινες δραστηριότητες, κυρίως ιατρικές εφαρμογές (εικόνα 10.20).



Εικόνα 10.20

Συνεισφορές των διάφορων πηγών ραδιενέργειας.

Φυσική ραδιενέργεια

Η κύρια φυσική πηγή ραδιενέργειας είναι το ραδόνιο $^{226}_{88}\text{Rn}$, ένα άχρωμο αδρανές αέριο που προέρχεται από τη διάσπαση του ραδίου $^{226}_{88}\text{Ra}$. Το ράδιο βρίσκεται σε ελάχιστες ποσότητες σε όλα

σχεδόν τα πετρώματα και το έδαφος. Καθώς διασπάται το ράδιο που βρίσκεται στο έδαφος, στα θεμέλια των οικοδομών, παράγεται το αέριο ραδόνιο. Το ραδόνιο, επειδή είναι αέριο, εύκολα διεισδύει στον αέρα του σπιτιού μας και γι' αυτό είναι επικίνδυνο. Πάντως ένας τακτικός αερισμός των χώρων της κατοικίας μειώνει την περιεκτικότητα του αέρα που αναπνέουμε σε ραδόνιο και έτσι μειώνει τον κίνδυνο.

Δόσεις ακτινοβολίας

Το αποτέλεσμα της δράσης των ακτινοβολιών στον ανθρώπινο οργανισμό είναι αθροιστικό. Η βλάβη δηλαδή που παθαίνουμε αν εκτεθούμε σε ακτινοβολία δεν απόκαθίσταται, αλλά προστίθεται στις βλάβες που θα πάθουμε σε επόμενες εκθέσεις σε ακτινοβολίες. Τη

**δόση της ακτινοβολίας που παίρ-
νουμε κάθε φορά τη μετράμε σε
rem. Ένας μέσος άνθρωπος προς-
λαμβάνει περίπου 0,2 rem το χρόνο.
Μια συνηθισμένη ακτινογραφία
θώρακος δίνει περίπου 0,02 rem. Η
ποσότητα της ακτινοβολίας που
προκαλεί άμεσο θανατηφόρο από-
τέλεσμα είναι γύρω στα 500 rem.
Έχει υπολογιστεί ότι η μέση εκπο-
μπή ραδιενεργού ακτινοβολίας από
όλα τα εργοστάσια πυρηνικής ενέρ-
γειας μικραίνει το μέσο όρο ζωής
κατά 5 ημέρες, ενώ από το ραδόνιο
κατά 40 περίπου ημέρες. Συγκριτικά
θα μπορούσαμε να πούμε ότι το κά-
πνισμα ενός πακέτου τσιγάρων
κάθε μέρα μικραίνει τη μέση διάρ-
κεια ζωής κατά 6 χρόνια. Η αρνη-
τική όμως επίδραση της ακτινοβο-
λίας στον τοπικό πληθυσμό από τη
χρήση πυρηνικών όπλων ή από**

κάποιο σοβαρό πυρηνικό ατύχημα είναι πολύ μεγαλύτερη (εικόνα 10.20).

Η ακτινοβολία γ είναι η πιο επικίνδυνη διότι έχει πολύ μεγάλη διεισδυτική ικανότητα. Λιγότερο επικίνδυνη είναι η ακτινοβολία β και ακόμα λιγότερο η α .

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Κοσμική ακτινοβολία

- Τοποθέτησε έναν μετρητή Γκάιγκερ στο θρανίο σου, μακριά από οποιοδήποτε ραδιενεργό πηγή**
- Θέσε σε λειτουργία τον μετρητή και κατάγραψε των αριθμό των απαριθμήσεων για χρονικό διάστημα τριών λεπτών.**

- Τύλιξε σε ένα φύλλο χαρτί γύρω από τον σωλήνα και επανάλαβε τις μετρήσεις. Μειώνονται οι απαριθμήσεις; Τι τύπος ακτινοβολίας φτάνει στον απαριθμητή;
- Επανάλαβε τη διαδικασία περιβάλλοντας διαδοχικά τον σωλήνα με φύλλα αλουμινίου πάχους 6mm ή μολύβδου πάχους 5mm. Μειώνεται ο αριθμός των απαριθμήσεων; Τι μπορείς να συμπεράνεις για το είδος της κοσμικής ακτινοβολίας;

► Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:

Περιγραφή του πυρήνα

1. Συμπλήρωσε τις προτάσεις ώστε να είναι επιστημονικά ορθές:

Ο πυρήνας έχει ακτίνα 10.000 φορές μικρότερη από αυτή του

....., έχει

ηλεκτρικό φορτίο και το συντριπτικά μεγαλύτερο μέρος της

..... του ατόμου.

Αποτελείται από και

..... που ονομάζονται

..... Ο συνολικός

αριθμός των νουκλεονίων ενός

πυρήνα ονομάζεται

αριθμός και συμβολίζεται με,

ενώ των πρωτονίων

και συμβολίζεται με Στοιχεία

που έχουν τον ίδιο αριθμό πρω-

τονίων αλλά διαφορετικό αριθμό
νετρονίων ονομάζονται

.....

2. Να επιλέξεις το γράμμα που αντιστοιχεί στην επιστημονικά ορθή πρόταση:

i. Το φυσικό μέγεθος A είναι: α) ο αριθμός των πρωτονίων, β) ο αριθμός των νετρονίων, γ) ο αριθμός των νετρονίων, δ) ο ατομικός αριθμός, ε) τίποτε από αυτά.

ii. Οι ισότοποι πυρήνες έχουν: α) ίδιες τιμές για το A και το Z , β) ίδιες τιμές για το A και διαφορετικές για το Z , γ) διαφορετικές τιμές για το A και ίδιες για το Z , δ) διαφορετικές τιμές για το A και το Z , ε) κανένα από τα παραπάνω.

Ραδιενέργεια

3. Στον παρακάτω πίνακα αντιστοίχισε τα είδη της ραδιενεργού ακτινοβολίας με τα σωματίδια από τα οποία αποτελείται:

1. ακτινοβολία α	α. ηλεκτρόνια
2. ακτινοβολία β	β. φωτόνια
3. ακτινοβολία γ	γ. πυρήνες ηλίου

4. Ποια από τις ραδιενεργές ακτινοβολίες έχει την ίδια φύση με το ορατό φως;

► Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε τεκμηριωμένες απαντήσεις στις ερωτήσεις που ακολουθούν:

Περιγραφή του πυρήνα

5. Πώς μεταβάλλεται ο ατομικός και ο μαζικός αριθμός ενός πυρήνα όταν εκπέμπει αντίστοιχα: i) ένα σωματίδιο α , ii) ένα σωματίδιο β , iii) μια ακτίνα γ ;

6. Συχνά αναφέρεται ότι τα νετρόνια παίζουν το ρόλο της «κόλλας» μεταξύ των πρωτονίων. Μπορείς να εξηγήσεις γιατί;

7. Τα πρωτόνια έχουν θετικό ηλεκτρικό φορτίο, ενώ τα νετρόνια είναι ουδέτερα. Γιατί συχνά τα ονομάζουμε νουκλεόνια χωρίς διάκριση;

Ραδιενέργεια

8. Σ' ένα αλουμινένιο κουτί τοποθετείται ένα φωτογραφικό φιλμ.

Δίπλα στο κουτί βρίσκεται μια ραδιενεργός πηγή. Μετά από μερικές μέρες παρατηρούμε ότι το φιλμ έχει αμαυρωθεί. Ποια νομίζεις ότι μπορεί να είναι η πιθανή αιτία; Η πηγή

εκπέμπει: i) σωματίδια α, ii) σωματίδια β, iii) ακτίνες γ. Να δικαιολογήσεις την επιλογή σου.

9. Στη ραδιενεργό διάσπαση β εκπέμπονται από τον πυρήνα ηλεκτρόνια. Πώς συμβαίνει κάτι τέτοιο αφού ο πυρήνας δεν περιέχει ηλεκτρόνια;

Ασκήσεις

ασκήσεις

1. Δύο ισότοπα του ουρανίου είναι το $^{235}_{92}\text{U}$ και το $^{238}_{92}\text{U}$. Πόσα νετρόνια υπάρχουν στον πυρήνα καθενός;

2. Το στοιχείο υδρογόνο έχει σύμβολο H και ατομικό αριθμό 1. Γράψε τα σύμβολα των τριών ισοτόπων του υδρογόνου με 0, 1 και 2 νετρόνια στον πυρήνα τους.

3. Ποιά είδη σωματιδίων και πόσα σωματίδια από κάθε είδος υπάρχουν σε ένα άτομο $^{109}_{47}\text{Ag}$;

4. Το ραδιενεργό ισότοπο του μολύβδου $^{214}_{82}\text{Pb}$ μετατρέπεται σε βισμούθιο Bi με εκπομπή ακτινοβολίας β. Να γράψεις το πλήρες σύμβολο του ισότοπου του βισμούθιου που προκύπτει.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- ❑ Οι ατομικοί πυρήνες αποτελούνται από πρωτόνια και νετρόνια. Ο αριθμός των πρωτονίων ενός πυρήνα ονομάζεται ατομικός αριθμός Z . Ο συνολικός αριθμός των πρωτονίων και των νετρονίων ονομάζεται μαζικός αριθμός A . Άτομα με πυρήνες που έχουν ίδιο αριθμό πρωτονίων και διαφορετικό αριθμό νετρονίων ονομάζονται ισότοπα.
- ❑ Πρωτόνια και νετρόνια συγκρατούνται στον πυρήνα με την επίδραση της ισχυρής αλληλεπίδρασης.
- ❑ Ένας ασταθής πυρήνας διασπάται, όποτε μετατρέπεται σε πυρήνα ενός άλλου στοιχείου.

Το φαινόμενο ονομάζεται ραδιενέργεια. Υπάρχουν τρία είδη ραδιενεργών διασπάσεων. Η διάσπαση α: ο πυρήνας που διασπάται εκπέμπει σωμάτια α (πυρήνες ηλίου). Η διάσπαση β: ο πυρήνας που διασπάται εκπέμπει σωμάτια β (ηλεκτρόνια μεγάλης ταχύτητας). Η διάσπαση γ: ο ραδιενεργός πυρήνας κατά τη διάσπασή του εκπέμπει ακτινοβολία γ (φωτόνια πολύ μεγάλης ενέργειας).

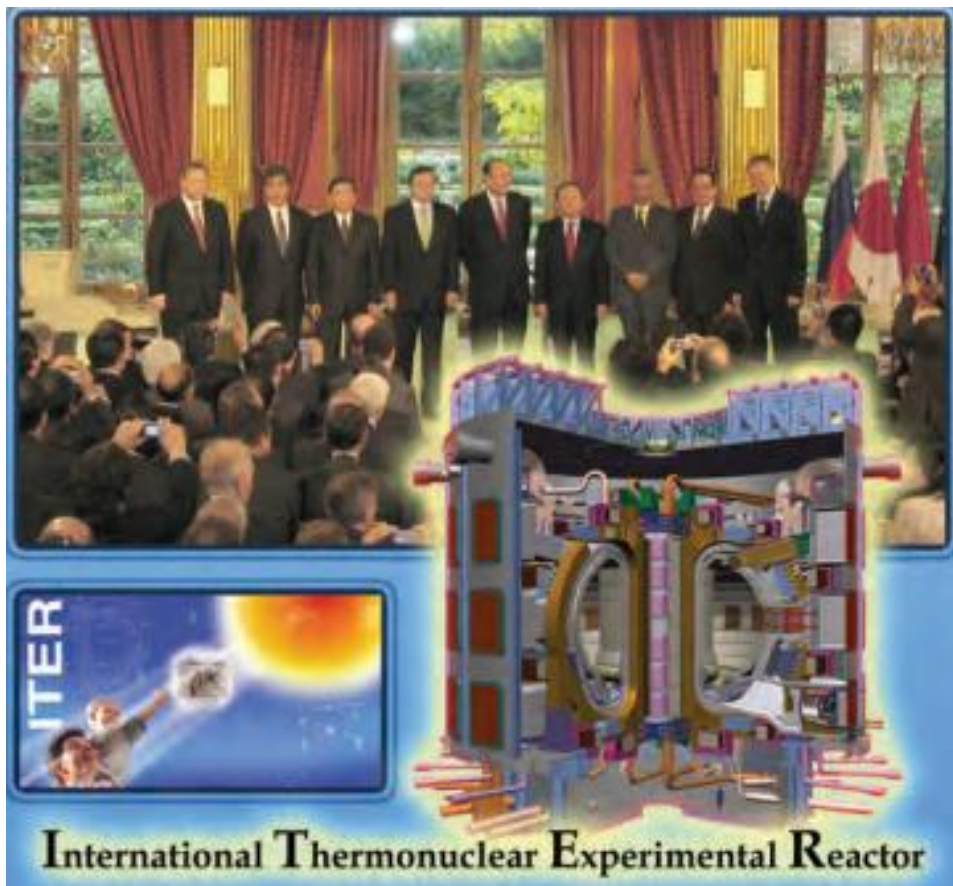
□ Οι ακτινοβολίες έχουν βιολογικές επιδράσεις που εξαρτώνται από το είδος και την ενέργεια της ακτινοβολίας.

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

Πρωτόνιο, νετρόνιο	Μαζικός αριθμός	Ισχυρή αλληλε- πίδραση
Ακτινοβολία α, β, γ Ραδιενέργεια	Ατομικός αριθμός	Ισότοπα

..μια μικρή ιστορία

Ιστορική ενεργειακή συμφωνία “31 χώρες είπαν «ναι» στην κατασκευή Διεθνούς Πειραματικού Θερμοπυρηνικού Αντιδραστήρα στη Γαλλία



(International Thermonuclear Experimental Reactor)”. Με τίτλους σαν και αυτόν το Νοέμβριο του 2006 όλα τα ειδησεογραφικά πρακτορεία μετέδιδαν την είδηση

ότι στο μέγαρο των Ηλυσίων
Πεδίων στο Παρίσι αξιωματούχοι
της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της
Ρωσίας, της Ιαπωνίας, της Ινδίας,
της Κίνας, της Κορέας και των
Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής
υπέγραψαν συμφωνία, η οποία
ενδέχεται να αποδειχθεί ιστορική
για το ενεργειακό μέλλον του πλανήτη.
Η συμφωνία που υπεγράφη έ-
πειτα από πολυετείς καθυστερήσεις
και έντονες αντιπαραθέσεις, επιτρέ-
πει την έναρξη ουσιαστικών ερευ-
νών στον τομέα της πυρηνικής
σύντηξης. Ο ITER (η λατινική λέξη
σημαίνει δρόμος), σαν ένας
σύγχρονος αλχημιστής φιλοδοξεί
να μετατρέψει το θαλασσινό νερό
σε καύσιμη ύλη, αναπαράγοντας
στο εσωτερικό του τις πυρηνικές α-
ντιδράσεις, που κάνουν τον Ήλιο
να λάμπει. Η επιτυχής λειτουργία

του αντιδραστήρα ITER θα αποτελέσει ένα από τα σημαντικότερα ορόσημα του τεχνολογικού μας πολιτισμού. Θα σημάνει την οριστική απεξάρτηση των ανθρώπων από τις σημαντικότερες ως σήμερα πηγές ενέργειας, τον άνθρακα και το πετρέλαιο. Τι είναι η πυρηνική σύντηξη; Πώς προκαλείται; Γιατί παράγονται τόσο μεγάλα ποσά ενέργειας στις πυρηνικές συντήξεις; Από πού προέρχεται η ενέργεια του Ήλιου;

Στο κεφάλαιο αυτό:

- Θα μάθεις για την προέλευση της πυρηνικής ενέργειας.**
- Θα γνωρίσεις τα είδη των πυρηνικών αντιδράσεων: σχάση και σύντηξη.**
- Θα γνωρίσεις τις ειρηνικές και μη εφαρμογές της πυρηνικής ενέργειας.**

ΠΥΡΗΝΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ: ΕΛΙΞΙΡΙΟ ΣΩΤΗΡΙΑΣ Ή ΟΛΕΘΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΟΤΗΤΑ;

Η μεγαλύτερη ομορφιά της Φυσικής, ίσως αποκαλύπτεται στις εκπλήξεις που επιφυλάσσει η επιστημονική πρόοδος. Στα μέσα της δεκαετίας του 1930 ο Ράδερφορντ, ο άνθρωπος που ανακάλυψε τον ατομικό πυρήνα και ο Αϊνστάιν, που προέβλεψε την απελευθέρωση της πυρηνικής ενέργειας, θεωρούσαν ανέφικτη οποιαδήποτε προσπάθεια τεχνητής αξιοποίησης της πυρηνικής ενέργειας.

Περίπου 10 χρόνια αργότερα το 1945, η κατασκευή πυρηνικής βόμβας τους διέψευσε με δραματικό τρόπο. Σήμερα, 60 χρόνια μετά,

μεγάλο μέρος της ελπίδας για την αντιμετώπιση ενεργειακών και οικολογικών προβλημάτων σε πλανητική κλίμακα βασίζεται και στην τιθάσευση της πυρηνικής ενέργειας.

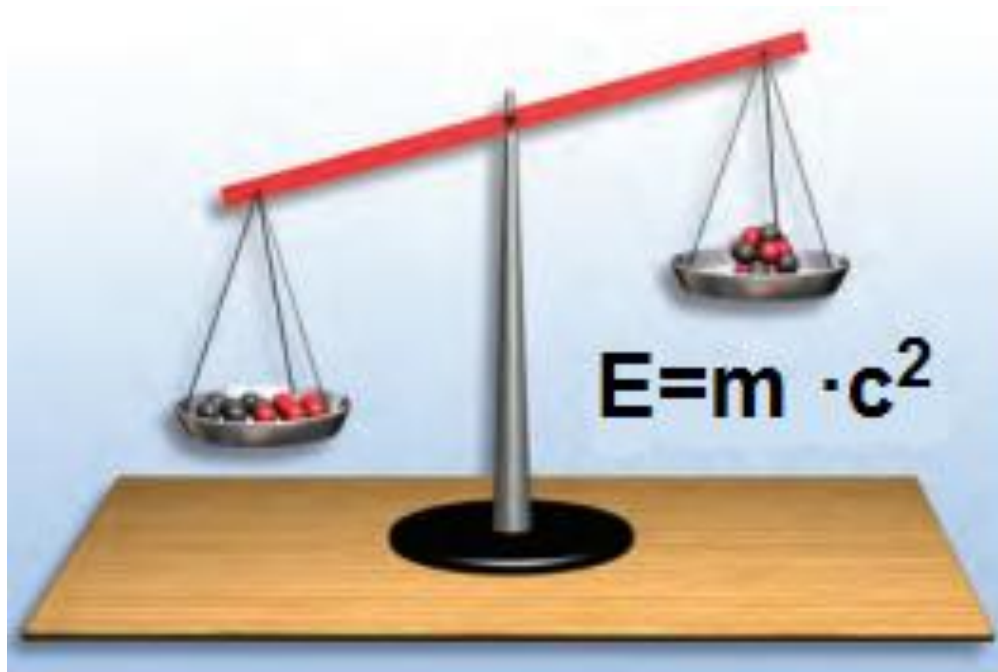
Από την εκμετάλλευση της σχάσης 1kg ουρανίου 235 παράγεται ηλεκτρική ενέργεια ίση με $4,2 \cdot 10^{13}$ kJ, όση παράγεται από την καύση περίπου 3.300 τόννων άνθρακα. Για να πάρουμε 1 kg ουράνιο 235 πρέπει να επεξεργαστούμε περίπου 100 τόννους μεταλλεύματος ουρανίου.

Από την εκμετάλλευση της σχάσης 1 kg ουρανίου 235 παράγεται ηλεκτρική ενέργεια ίση με $4,2 \cdot 10^{13}$ kJ, όση παράγεται από την καύση περίπου 3.300 τόννων άνθρακα. Για να πάρουμε 1 kg ουράνιο 235 πρέπει να επεξεργαστούμε περίπου 100 τόννους μεταλλεύματος ουρανίου.

11.1 Ενέργεια και πυρηνικές αντιδράσεις

Ενέργεια σύνδεσης του πυρήνα

Γνωρίσαμε ότι μεταξύ των πρωτονίων και των νετρονίων στον πυρήνα ασκούνται ισχυρές πυρηνικές δυνάμεις. Τα νουκλεόνια στον πυρήνα έχουν δυναμική ενέργεια. Την ενέργεια αυτή την ονομάζουμε **πυρηνική ενέργεια**. Έχει αποδειχτεί πειραματικά ότι ο πυρήνας έχει μικρότερη μάζα από τη συνολική μάζα των νουκλεονίων από τα οποία σχηματίζεται (εικόνα 11.1). Αυτή η διαφορά μαζών ονομάζεται **έλλειμμα μάζας**.



Εικόνα 11.1

Ο πυρήνας έχει μικρότερη μάζα από τη συνολική μάζα των νουκλεονίων από τα οποία σχηματίζεται.

Πώς εξηγούμε το έλλειμμα μάζας στους πυρήνες;

Ο Αϊνστάιν στο πλαίσιο της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας απέδειξε ότι η μάζα (m) και η ενέργεια (E) συνδέονται με την εξίσωση:
 $E = m \cdot c^2$, όπου c η ταχύτητα του

φωτός στο κενό. Δηλαδή η δυναμική ενέργεια των νουκλεονίων στους πυρήνες αντιστοιχεί σε ορισμένη ποσότητα μάζας, ίση ακριβώς με το έλλειμμα μάζας.

Ενέργεια και πυρηνικές αντιδράσεις

Κατά την αυθόρμητη ραδιενεργό διάσπαση ή την τεχνητή παραγωγή ενός πυρήνα με βομβαρδισμό ενός άλλου πυρήνα συμβαίνει μια αναδιάταξη των συστατικών των πυρήνων, δηλαδή μια πυρηνική αντίδραση. Αντίστοιχα σε μια χημική αντίδραση συμβαίνει αναδιάταξη των ατόμων των στοιχείων, ή ακριβέστερα των ηλεκτρονίων των ατόμων. Υπάρχει όμως μια πολύ σημαντική ποσοτική διαφορά. Η ενέργεια σύνδεσης των νουκλεονίων στον πυρήνα, λόγω του ελλείμματος μάζας και της μεγάλης

τιμής της ταχύτητας του φωτός, είναι περίπου ένα εκατομμύριο φορές μεγαλύτερη από την ενέργεια σύνδεσης των ηλεκτρονίων στο άτομο. Συνεπώς η δυναμική ενέργεια που μετατρέπεται σε κινητική των σωματιδίων σε μια πυρηνική αντίδραση είναι ένα εκατομμύριο φορές μεγαλύτερη από την αντίστοιχη σε μια χημική αντίδραση. Οι δύο κύριες πυρηνικές αντιδράσεις με τις οποίες εκλύεται αυτή η τεράστια ποσότητα ενέργειας είναι η πυρηνική σχάση και η πυρηνική σύντηξη.

11.2 Πυρηνική σχάση

Η δυνατότητα μετατροπής της πυρηνικής ενέργειας σε ενέργεια άλλης μορφής διερευνήθηκε κατά τη δεκαετία του 1930. Το 1939 δύο

Γερμανοί χημικοί ο Χαν (Hahn) και ο Στράσμαν (Strassman) έκαναν μια τυχαία ανακάλυψη που επρόκειτο ν' αλλάξει το μέλλον του κόσμου.

Συνεχίζοντας προγενέστερες ερευνητικές προσπάθειες του Ιταλού Φέρμι (Fermi) (εικόνα 11.3) βομβάρδισαν ουράνιο με νετρόνια.

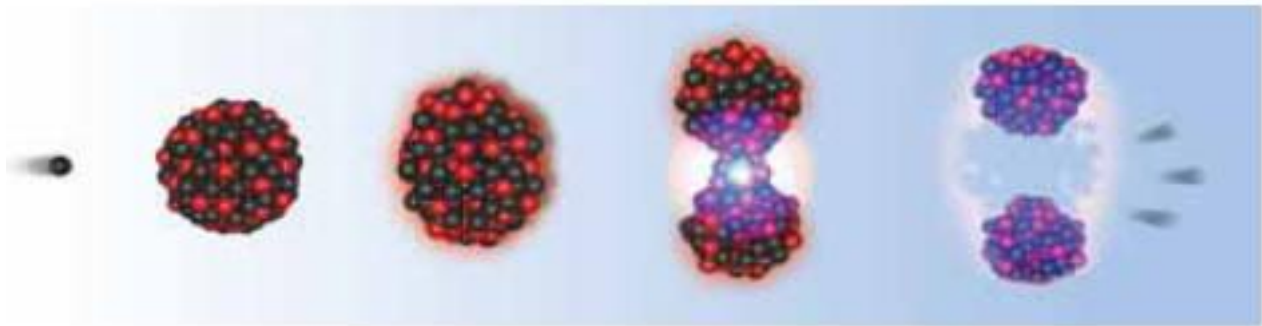
Εικόνα 11.2. Ενρίκο Φέρμι (Fermi)

Ιταλός φυσικός, επικεφαλής της ομάδας επιστημόνων που πέτυχε για πρώτη φορά την ελεγχόμενη αλυσιδωτή πυρηνική αντίδραση στο Σικάγο το 1942. Χρησιμοποίησε γραφίτη ως επιβραδυντή.



Αναλύοντας τα χημικά προϊόντα της αντίδρασης με έκπληξη διαπί-

στωσαν ότι παραγόταν βάριο. Οι δύο χημικοί δεν μπορούσαν να καταλάβουν πώς το βάριο με ατομικό αριθμό 56 ήταν δυνατόν να παράγεται από το ουράνιο που έχει ατομικό αριθμό 92.



Εικόνα 11.3

Η σχάση του ουρανίου ^{235}U

Σύμφωνα με ένα απλό πρότυπο ο πυρήνας συμπεριφέρεται σαν μια φορτισμένη σταγόνα υγρού. Η απορρόφηση ενός νετρονίου προκαλεί μια επιμήκυνση του πυρήνα. Όταν η επιμήκυνση γίνει αρκετά μεγάλη οι απωστικές ηλεκτρικές δυνάμεις

υπερβαίνουν τις ελκτικές πυρηνικές, οπότε ο πυρήνας σχίζεται στα δύο.

Μια εβδομάδα αργότερα η Λίζε Μάιτνερ (Meitner) (εικόνα 11.4) και ο Φρις (Frisch) έδωσαν τη σωστή εξήγηση: οι πυρήνες του ουρανίου είχαν διασπαστεί σε δύο μικρότερους πυρήνες σχεδόν ίσης μάζας. Η Μάιτνερ ονόμασε αυτή τη διαδικασία **σχάση.**



**Εικόνα
11.4**

**Ο Ότο Χαν
(Otto Hann)
και η Λίζε
Μάιτνερ**

(Lize Meitner) στο εργαστήριό τους στο Βερολίνο.

Γενικότερα πυρηνική σχάση ονομάζεται η διάσπαση ενός αστα-

θούς πυρήνα σε δύο μικρότερους πυρήνες με σχεδόν ίσες μάζες. Συνήθως συνοδεύεται από ταυτόχρονη εκπομπή νετρονίων και απελευθέρωση τεράστιας ποσότητας ενέργειας. Ένας πυρήνας του ισοτόπου του ουρανίου $^{235}_{92}\text{U}$ παθαίνει σχάση όταν βομβαρδίζεται με νετρόνια και διασπάται συνήθως σ' ένα πυρήνα βαρίου $^{141}_{56}\text{Ba}$ και σ' ένα πυρήνα κρυπτού $^{92}_{36}\text{Kr}$, ενώ συγχρόνως εκπέμπονται τρία νετρόνια (εικόνα 11.3). Καθένα από αυτά μπορεί να προκαλέσει νέα σχάση οπότε τελικά είναι δυνατόν να προκύψει μια αλυσιδωτή αντίδραση. Η αλυσιδωτή αντίδραση μπορεί να είναι αργή και ελεγχόμενη, π.χ. σ' ένα πυρηνικό αντιδραστήρα ενός ενεργειακού σταθμού πυρηνικής σχάσης, ή να από-

κτήσει εκρηκτικό χαρακτήρα, όπως στην ατομική πυρηνική βόμβα (εικόνα 11.5).



Εικόνα 11.5

Η βόμβα ουρανίου που εξερράγη στη Χιροσίμα.

Για να συντηρηθεί μια αλυσιδωτή αντίδραση, θα πρέπει η μάζα του σχάσιμου υλικού, για παράδειγμα του U-235, να υπερβαίνει μια ελάχιστη τιμή που λέγεται κριτική μάζα.

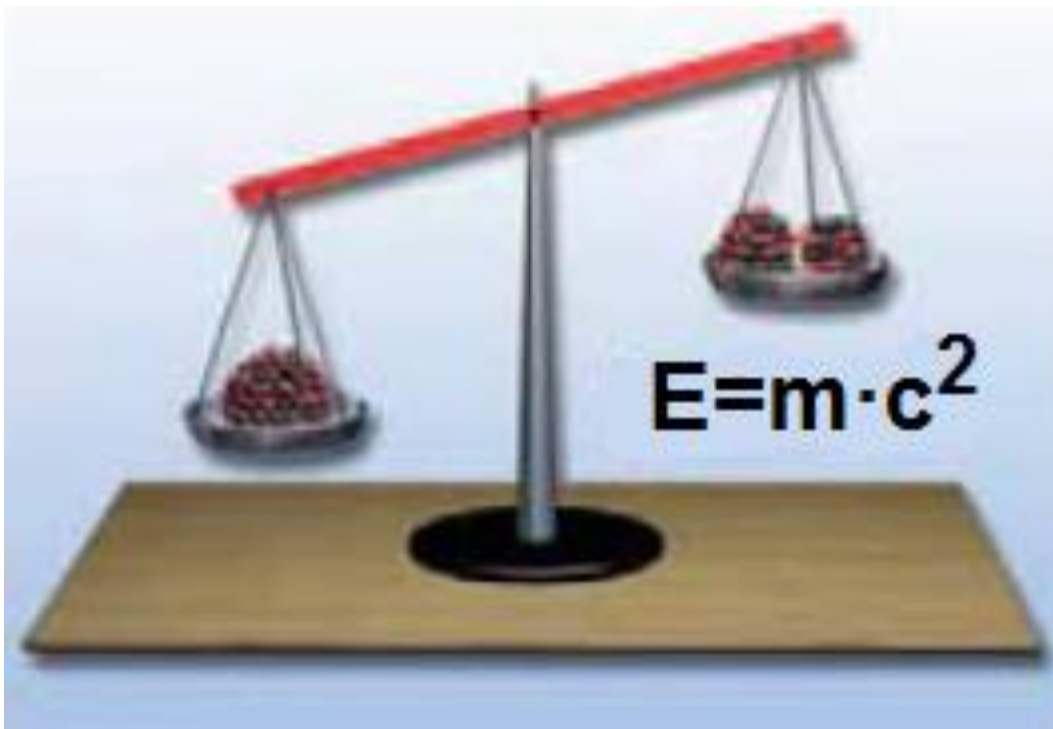
Γιατί δεν εκδηλώνονται αλυσιδωτές αντιδράσεις στα κοιτάσματα ουρανίου που υπάρχουν στη φύση;

Στο φυσικό ουράνιο το ισότοπο U-235 υπάρχει σε αναλογία μόλις 0,7%. Το ισότοπο U-238 που βρίσκεται σε μεγαλύτερη αναλογία μπορεί να απορροφήσει νετρόνια χωρίς να υποστεί σχάση. Γι' αυτό και δεν πραγματοποιείται αλυσιδωτή αντίδραση στο ουράνιο που υπάρχει στη φύση.

Σχάση και ενέργεια

Στη σχάση του ουρανίου η μάζα των προϊόντων είναι μικρότερη από τη μάζα των αντιδρώντων (εικόνα 11.6). Το έλλειμμα μάζας είναι ισοδύναμο με την ενέργεια που εκλύεται, σύμφωνα με την εξίσωση του Αϊνστάιν. Η ενέργεια που απελευθερώνεται σε μια αλυ-

σιδωτή αντίδραση σχάσης είναι τεράστια, πολύ μεγαλύτερη από την ενέργεια οποιασδήποτε χημικής αντίδρασης, για παράδειγμα της καύσης.



Εικόνα 11.6

Ο πυρήνας του ουρανίου έχει μεγαλύτερη μάζα από τη συνολική μάζα των πυρήνων του βαρίου, του κρυ-

πού και των επιπλέον νετρονίων που παράγονται.

Πυρηνικοί αντιδραστήρες

Ο πυρηνικός αντιδραστήρας είναι ένα σύστημα στο οποίο πραγματοποιείται μια ελεγχόμενη αλυσιδωτή αντίδραση σχάσης που οδηγεί σε απελευθέρωση ενέργειας. Το πρωταρχικό πρόβλημα που παρουσιάστηκε στην προσπάθεια κατάσκευής ενός πυρηνικού αντιδραστήρα ήταν η συντήρηση της αλυσιδωτής αντίδρασης. Τα περισσότερα από τα νετρόνια που παράγονται από τη σχάση των πυρήνων του ουρανίου 235 ($^{235}_{92}\text{U}$) κινούνται γρήγορα. Αυτά τα γρήγορα νετρόνια δεν απορροφώνται από τους πυρήνες του ουρανίου 235. Για να απορροφηθούν και να προκαλέσουν νέες

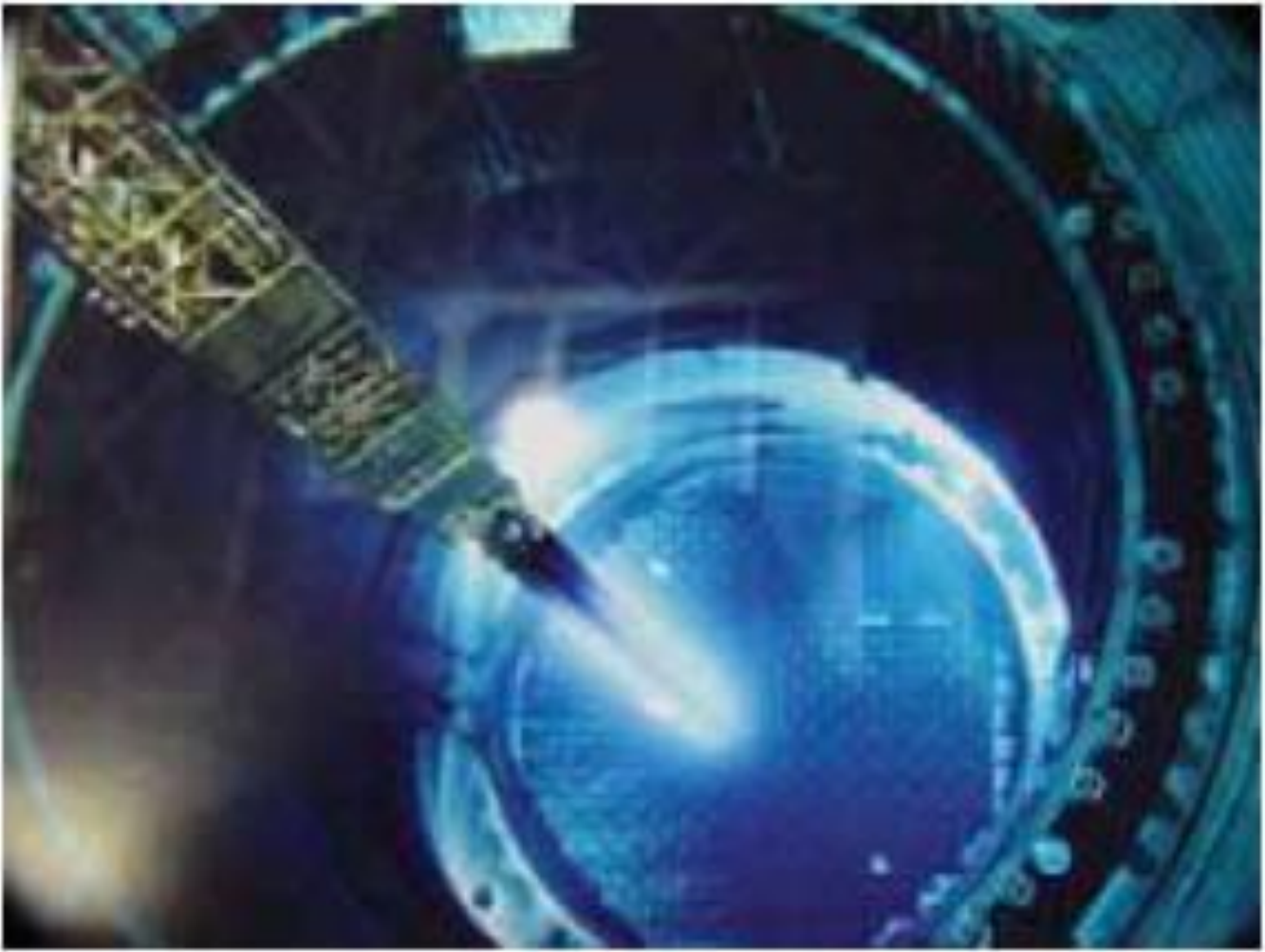
διασπάσεις, πρέπει να επιβραδυνθούν. Η επιβράδυνση επιτυγχάνεται όταν τα νετρόνια συγκρουστούν με τους πυρήνες του υλικού που περιβάλλει το ουράνιο, το οποίο ονομάζεται επιβραδυντής. Ως επιβραδυντές μπορούν να χρησιμοποιηθούν γραφίτης ή το συνηθισμένο νερό. Για να συντηρηθεί η αλυσιδωτή αντίδραση, η αναλογία του ουρανίου 235 στο δείγμα πρέπει να αυξηθεί. Αυτή η διαδικασία αύξησης του αριθμού των σχάσιμων πυρήνων ονομάζεται εμπλουτισμός. Με τον εμπλουτισμό η αναλογία του U-235 αυξάνεται από 0,7% σε 3%. Σε ένα καθιερωμένου τύπου πυρηνικό αντιδραστήρα περίπου 200 τόνοι ουρανίου τοποθετούνται μέσα σε εκατοντάδες μεταλλικές ράβδους (εικόνα 11.7).



**Εικόνα
11.7**
Ράβδοι
πυρηνικού
καυσίμου τη
στιγμή που
τις κατεβά-
ζουν στην

καρδιά του αντιδραστήρα.

Η περιοχή στην οποία τοποθετείται το σχάσιμο υλικό ονομάζεται καρδιά του πυρηνικού αντιδραστήρα. Οι ράβδοι με το σχάσιμο υλικό περιβάλλονται από νερό το οποίο δρα ως επιβραδυντής, ενώ ταυτόχρονα μεταφέρει θερμική ενέργεια από την καρδιά του αντιδραστήρα προς το περιβάλλον (εικόνα 11.8).

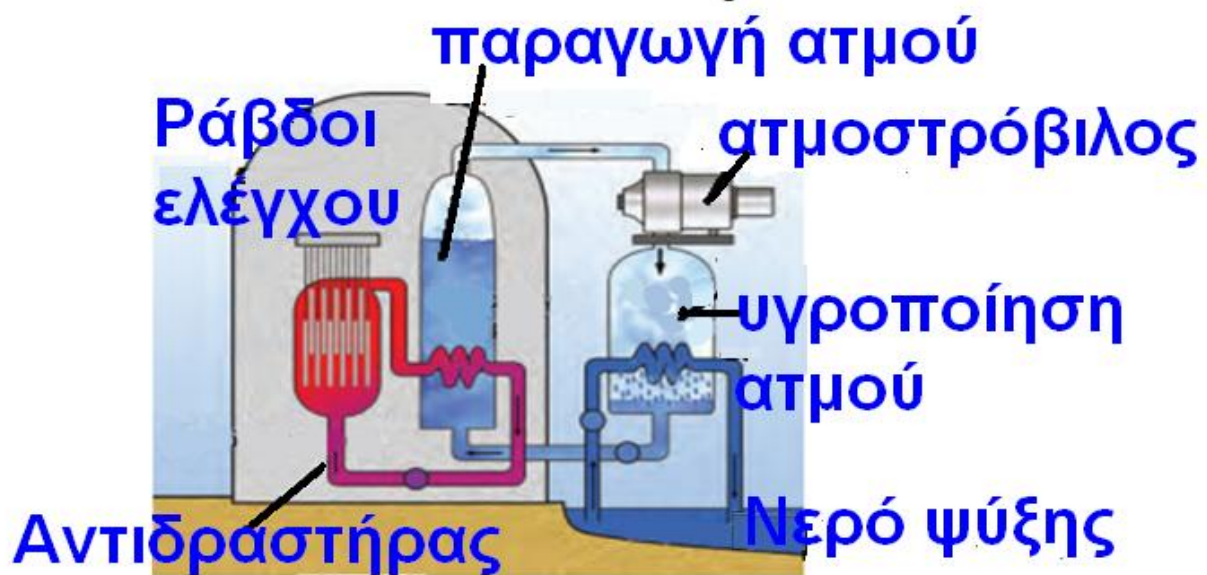


Εικόνα 11.8

Το νερό περιβάλλει την καρδιά του πυρηνικού αντιδραστήρα και δρα ως επιβραδυντής.

Πυρηνικός αντιδραστήρας και μετατροπές ενέργειας

Σ' ένα σταθμό πυρηνικής ενέργειας, η θερμική ενέργεια που εκλύεται από τη σχάση προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας του νερού που περιβάλλει το ουράνιο. Αυτό το νερό δεν βράζει επειδή βρίσκεται κάτω από υψηλή πίεση, η οποία αυξάνει τη θερμοκρασία βρασμού. Όπως δείχνεται στην εικόνα 11.9 αυτό το νερό μεταφέρεται από μια αντλία σε μια δεξαμενή θερμότητας όπου προκαλεί βρασμό άλλου μη ραδιενεργού νερού. Ο ατμός που παράγεται στρέφει τους στροβίλους που συνδέονται με γεννήτριες οι οποίες παράγουν ηλεκτρική ενέργεια.



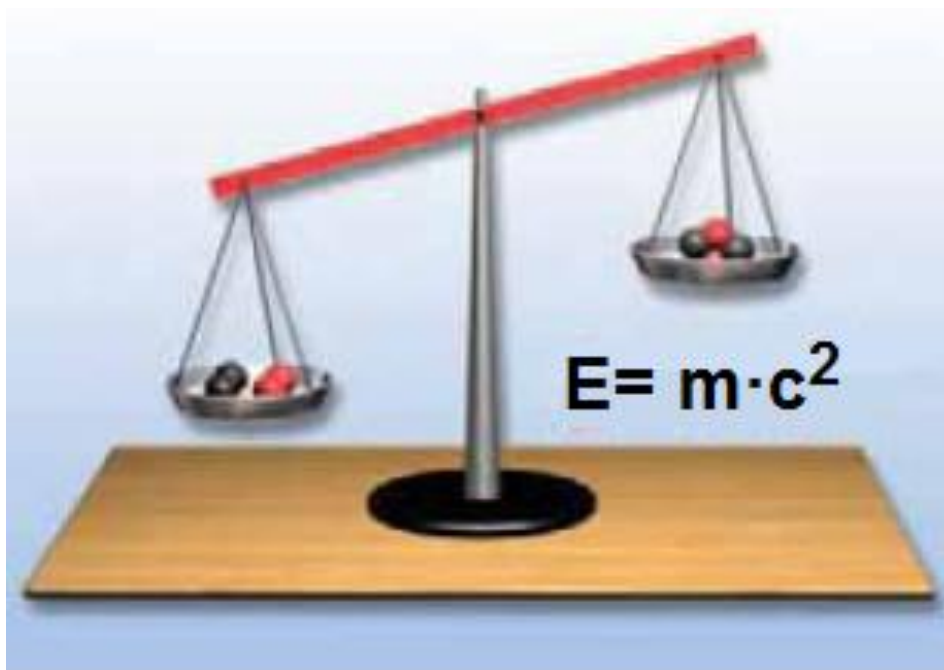
Εικόνα 11.9

Σχηματική αναπαράσταση πυρηνικού αντιδραστήρα.

11.3 Πυρηνική σύντηξη

Η πυρηνική σύντηξη είναι μια αντίδραση αντίστροφη της σχάσης. Στη σύντηξη ελαφροί πυρήνες συνενώνονται ώστε να σχηματιστεί ένας βαρύτερος πυρήνας. Συγχρόνως απελευθερώνεται τεράστια ποσότητα ενέργειας. Τυπικό παράδειγμα σύντηξης αποτελεί η διαδικασία που συντελείται στο εσωτερικό του

Ήλιου. Τέσσερις πυρήνες υδρογόνου (πρωτόνια), με μια διαδικασία που πραγματοποιείται σε διαδοχικά στάδια, σχηματίζουν έναν πυρήνα ηλίου. Αρχικά δύο πρωτόνια μετατρέπονται σε νετρόνια, τα οποία στη συνέχεια ενώνονται με άλλα δύο πρωτόνια, οπότε σχηματίζεται ο πυρήνας ηλίου ${}^4_2\text{He}$. Η μάζα του πυρήνα του ηλίου είναι μικρότερη από τη μάζα των τεσσάρων πρωτονίων (εικόνα 11.10).



**Εικόνα
11.10**
Η μάζα
του
πυρήνα
του
ηλίου
είναι

μικρότερη από τη μάζα των δύο πρωτονίων και των δύο νετρονίων.

Τη διαφορά αυτή της μάζας, όπως είδαμε και προηγουμένως, την ονομάζουμε έλλειμμα μάζας. Η ενέργεια που αντιστοιχεί στο έλλειμμα μάζας μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια των προϊόντων της σύντηξης. Η σύντηξη είναι η πηγή της ενέργειας που ακτινοβολείται από τον Ήλιο και τα άστρα. Αν μειωθούν τα απόθεμα του υδρογόνου των πρωτονίων, η σύντηξη που περιγράψαμε θα διακοπεί και ο Ήλιος τελικά θα σβήσει. Ευτυχώς για μας αυτό προβλέπεται να συμβεί σε περίπου 5 δισεκατομμύρια χρόνια.

Για να συμβεί σύντηξη δύο πυρήνων, πρέπει οι πυρήνες να πλησιάσουν αρκετά κοντά ώστε να υπερνι-

κηθεί η απωστική ηλεκτρική δύναμη από την ελκτική πυρηνική. Για να πλησιάσουν τόσο κοντά οι πυρήνες, θα πρέπει να κινούνται με πολύ μεγάλες ταχύτητες, δηλαδή να έχουν μεγάλες κινητικές ενέργειες. Άρα η σύντηξη απαιτεί την ύπαρξη πολύ μεγάλων θερμοκρασιών, της τάξης των δεκάδων εκατομμυρίων βαθμών σαν αυτές που επικρατούν στο κέντρο του Ήλιου. Γι' αυτό οι αντιδράσεις σύντηξης ονομάζονται και θερμοπυρηνικές.

Άλλο ένα παράδειγμα αξιοποίησης ενός επιστημονικού επιτεύγματος για πολεμικούς και όχι για ειρηνικούς σκοπούς είναι η κατασκευή της βόμβας υδρογόνου που βασίζεται στις αντιδράσεις σύντηξης (εικόνα 11.11).



Εικόνα 11.11 Ατομική βόμβα σύντηξης –

**Ένας μικρός βραχύβιος ήλιος.
Η δοκιμή της πρώτης βόμβας υδρο-
γόνου στα νησιά Μπικίνι το 1954. Στο
κέντρο της έκρηξης μιας τέτοιας βόμ-
βας δημιουργούνται θερμοκρασίες
συγκρίσιμες με αυτές που είχε το
σύμπαν ένα δευτερόλεπτο μετά τη
Μεγάλη Έκρηξη.**

**Υπάρχει όμως και η θετική προο-
πτική της σύντηξης. Η σύντηξη θεω-
ρείται από πολλούς η πιο ελπιδο-
φόρα διαδικασία για τη μελλοντική
αντιμετώπιση των ενεργειακών
αναγκών της ανθρωπότητας. Αυτό**

προκύπτει από το γεγονός ότι πέρα από την αφθονία πυρηνικού καυσίμου, δηλαδή του υδρογόνου του νερού των ωκεανών, η ελεγχόμενη πυρηνική σύντηξη παρουσιάζει και άλλα πλεονεκτήματα σε σχέση με τη σχάση:

– Δεν υπάρχουν ραδιενεργά κατάλοιπα, αφού το ήλιο που παράγεται δεν είναι ραδιενεργό.

– Δεν υπάρχει κίνδυνος πυρηνικού ατυχήματος, αφού στους αντιδραστήρες σύντηξης δεν απαιτείται κρίσιμη μάζα.

– Θα αποφευχθεί η ρύπανση της ατμόσφαιρας, εφόσον δεν γίνεται καύση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.1

Χώρα	Ποσοστό (%) παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνικούς σταθμούς σχάσης
Ρωσία	15
ΗΠΑ	20
Μ. Βρετανία	20
Βουλγαρία	30
Γερμανία	30
Ελβετία	45
Γαλλία	80
Σουηδία	50

► Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:

1. Να επιλέξεις το γράμμα που αντιστοιχεί στην επιστημονικά ορθή πρόταση:

Η ηλιακή ενέργεια προέρχεται από:
α) πυρηνική σύντηξη, β) πυρηνική σχάση, γ) διάσπαση β, δ) διάσπαση α, ε) τίποτε από τα παραπάνω.

2. Να χαρακτηρίσεις καθεμία από τις παρακάτω προτάσεις ως σωστή ή λανθασμένη:

α. Σ' έναν πυρήνα οι ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις τείνουν να απομακρύνουν τα νουκλεόνια, ενώ οι ισχυρές τείνουν να τα συγκρατήσουν μαζί.

β. Στη φύση δεν υπάρχουν ραδιενεργά στοιχεία.

γ. Η βιολογική δράση των ραδιενεργών ακτινοβολιών εξαρτάται από την ενέργεια και τη φύση της ακτινοβολίας.

δ. Ένας πυρήνας έχει πάντοτε μεγαλύτερη μάζα από το άθροισμα των μαζών των νουκλεονίων από τα οποία αποτελείται.

ε. Η ηλιακή ενέργεια προκύπτει από πυρηνική σχάση.

► Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε τεκμηριωμένες απαντήσεις για τις ερωτήσεις που ακολουθούν:

4. Τι ονομάζεται πυρηνική σχάση και τι πυρηνική σύντηξη; Να αναφέρεις από ένα παράδειγμα.

5.Τι ονομάζεται έλλειμμα μάζας σε μια πυρηνική αντίδραση;

6.Ποιες μετατροπές ενέργειας συμβαίνουν στην πυρηνική σχάση και ποιές στην πυρηνική σύντηξη;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

□ Η ενέργεια σύνδεσης του πυρήνα είναι η δυναμική ενέργεια εξαιτίας της ισχυρής δύναμης. Η ενέργεια σύνδεσης είναι ισοδύναμη με το έλλειμμα μάζας του πυρήνα. Κατά την πυρηνική σχάση ένας βαρύς πυρήνας χωρίζεται σε δύο ελαφρύτερους πυρήνες. Η ενέργεια που απελευθερώνεται κατά τη σχάση μετατρέπεται τελικά στους πυρηνικούς αντιδραστήρες σε ηλεκτρική ενέργεια.

□ Κατά την πυρηνική σύντηξη δύο ελαφροί πυρήνες συνενώνονται για να σχηματίσουν ένα βαρύτερο. Η ενέργεια του Ήλιου και των άστρων παράγεται με πυρηνική σύντηξη. Η ελεγχόμενη πυρηνική σύντηξη μπορεί να προσφέρει με ασφάλεια τεράστιες ποσότητες ενέργειας χωρίς ρύπανση του περιβάλλοντος.

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

Ενέργεια
σύνδεσης

Πυρηνική
σχάση

Έλλειμμα
μάζας

Πυρηνική
σύντηξη

ΕΝΟΤΗΤΑ 3 ΟΠΤΙΚΗ

**Κεφάλαιο 9. Φακοί και οπτικά
όργανα**

**ΦΑΚΟΙ: Η ΟΡΑΣΗ ΜΑΣ ΣΤΟ
ΜΙΚΡΟΚΟΣΜΟ ΚΑΙ ΤΟ ΜΕ-
ΓΑΛΟΚΟΣΜΟ.....9**

**9.1. Συγκλίνοντες και αποκλίνοντες
φακοί.....13**

9.2.Είδωλα φακών..... 20

**9.3. Οπτικά όργανα και το
μάτι.....32**

ΕΝΟΤΗΤΑ 4

ΠΥΡΗΝΙΚΑ ΦΑΙΝΟ-ΜΕΝΑ –

ΠΥΡΗΝΑΣ

Κεφάλαιο 10. Ο ατομικός

πυρήνας

ΠΥΡΗΝΑΣ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ: Ο

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ

ΓΙΓΑΝΤΑΣ.....	60
10.1. Περιγραφή του	
πυρήνα.....	62
10.2. Ραδιενέργεια.....	74
10.3. Βιολογική δράση της	
ακτινοβολίας.....	89

Κεφάλαιο 11. Πυρηνικές αντιδράσεις

ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ: ΕΛΙΞΙΡΙΟ ΣΩΤΗΡΙΑΣ Ή ΟΛΕΘΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΟΤΗΤΑ;.....	113
11.1. Ενέργεια και πυρηνικές αντιδράσεις.....	115
11.2. Πυρηνική σχάση.....	118
11.3. Πυρηνική σύντηξη.....	131

Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946,108, Α').

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.