

Ο ΗΛΙΟΣ



Οι Αρχαίοι Έλληνες λάτρευαν τον Ήλιο και φρόντιζαν οι ακτίνες του να φωτίζουν τους ναούς τους.

Η λέξη Ήλιος, που προέρχεται από τις λέξεις Αβέλιος, αέλιος, η έλιος, σημαίνει κάτι που καίει.

Ο θεός Ρα, προσωποποίηση του σύμφωνα με τους αρχαίους Αιγύπτιους Ήλιου (με τον ηλιακό δίσκο στο κεφάλι), βασιλιάς και πατέρας θεών και ανθρώπων



Η μελέτη του Ηλίου εστιάζεται στα εξής
τρία ερωτήματα:

- Ποια φαινόμενα παρατηρούμε στον Ήλιο;
- Ποια είναι η πηγή της τεράστιας ενέργειας που εκπέμπει γύρω του;
- Ποια είναι η δομή του;

Τι είναι ο Ήλιος;

Είναι μια θερμή σφαίρα αερίων στο εσωτερικό της οποίας γίνονται θερμοπυρηνικές αντιδράσεις.

Αποτέλεσμα των αντιδράσεων είναι η παραγωγή ενέργειας, η οποία ύστερα από εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια φτάνει στην επιφάνεια του Ηλίου και στη συνέχεια μόλις σε 8,3 λεπτά φτάνει στη Γη.

Ο Ήλιος: Ένας τυπικός αστέρας

Απόσταση από τη Γη	1 A.U.
Ακτίνα	$6,966 \times 10^8 \text{ m}$
Μάζα	$1,991 \times 10^{30} \text{ Kg}$
Μέση πυκνότητα	1.419 Kg/m^3
Λαμπρότητα	$3,86 \times 10^{26} \text{ W}$
Ηλικία	4,5 δισεκατ. έτη

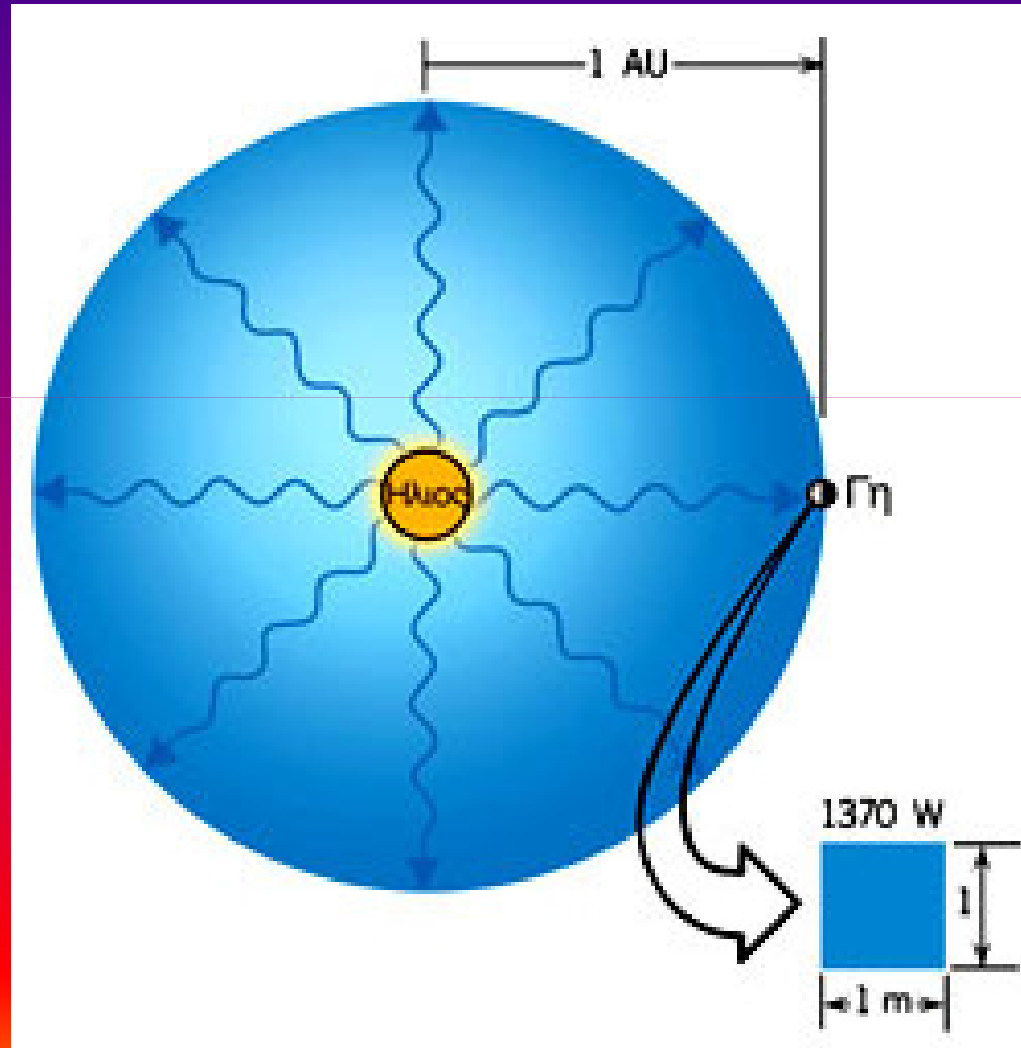
Φωτεινότητα του Ηλίου ονομάζεται η ενέργεια που παράγει ο Ήλιος ανά μονάδα χρόνου.

Η τιμή της είναι $3,86 \times 10^{26}$ Watts

Η ενέργεια που φτάνει στη Γη ανά μονάδα επιφάνειας 1m^2 και ανά δευτερόλεπτο ονομάζεται **ηλιακή σταθερά**.

Μετριέται από δορυφόρο και είναι κατά προσέγγιση $1367 \text{ Watt} / \text{m}^2$.

Μία ηλιακή σταθερά ισοδυναμεί με την ισχύ που παράγεται από 14 λαμπτήρες των 100 Watts, ποσότητα αντικειμενικά πολύ μεγάλη για τα γήινα δεδομένα.



Ο Einstein το 1905 διατύπωσε τη βασική ιδέα που εξηγούσε την προέλευση της ενέργειας του Ηλίου.

Στην Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας ενέργεια και μάζα συνδέονται με τη σχέση

$$E = m \cdot c^2$$

όπου m η μάζα στην οποία αντιστοιχεί η ενέργεια E και c η ταχύτητα του φωτός.

Για παράδειγμα, 1.000 Kg ύλης αντιστοιχούν σε ενέργεια $9 \times 10^{19} \text{J}$, δηλαδή στη συνολική ενέργεια που καταναλώνουν οι ΗΠΑ σε ένα έτος!

Για να μπορέσει όμως να πραγματοποιηθεί η μετατροπή της ύλης σε ενέργεια, απαιτούνται ειδικές φυσικές συνθήκες πολύ υψηλής πυκνότητας και θερμοκρασίας.

Οι συνθήκες αυτές επικρατούν στον πυρήνα του Ηλίου όπου η θερμοκρασία είναι της τάξεως των 15×10^6 K και η πυκνότητα 150 φορές υψηλότερη από αυτή του νερού.

Η κατάσταση της ύλης στον πυρήνα του
Ηλίου είναι διαφορετική από αυτές που
γνωρίζουμε στη Γη

(τη στερεά, την υγρή και την αέρια).

Η κατάσταση αυτή λέγεται

κατάσταση πλάσματος.

Πλάσμα είναι ένα αέριο φορτισμένων
σωματιδίων, δηλαδή ηλεκτρόνια και
πυρήνες ατόμων που κινούνται με
μεγάλες ταχύτητες και συμπεριφέρονται
ως ελεύθερα σωματίδια.

Κάτω από αυτές τις προϋποθέσεις γίνεται δυνατή η απελευθέρωση της ενέργειας που περιέχεται στους πυρήνες των ατόμων με δύο τρόπους:

την πυρηνική σχάση

και

την πυρηνική σύντηξη.

Στον Ήλιο και σ' όλους τους αστέρες η ενέργεια παράγεται με το δεύτερο τρόπο, την πυρηνική σύντηξη.

Υπάρχουν δύο διαδικασίες παραγωγής ενέργειας

Πυρηνική σχάση

Στην πυρηνική σχάση ο πυρήνας του μητρικού ατόμου (Πλουτόνιο, Ουράνιο) χωρίζεται σε ελαφρύτερους πυρήνες.

Τότε το άθροισμα των μαζών των νέων θυγατρικών πυρήνων είναι μικρότερο από τη μάζα του αρχικού πυρήνα.

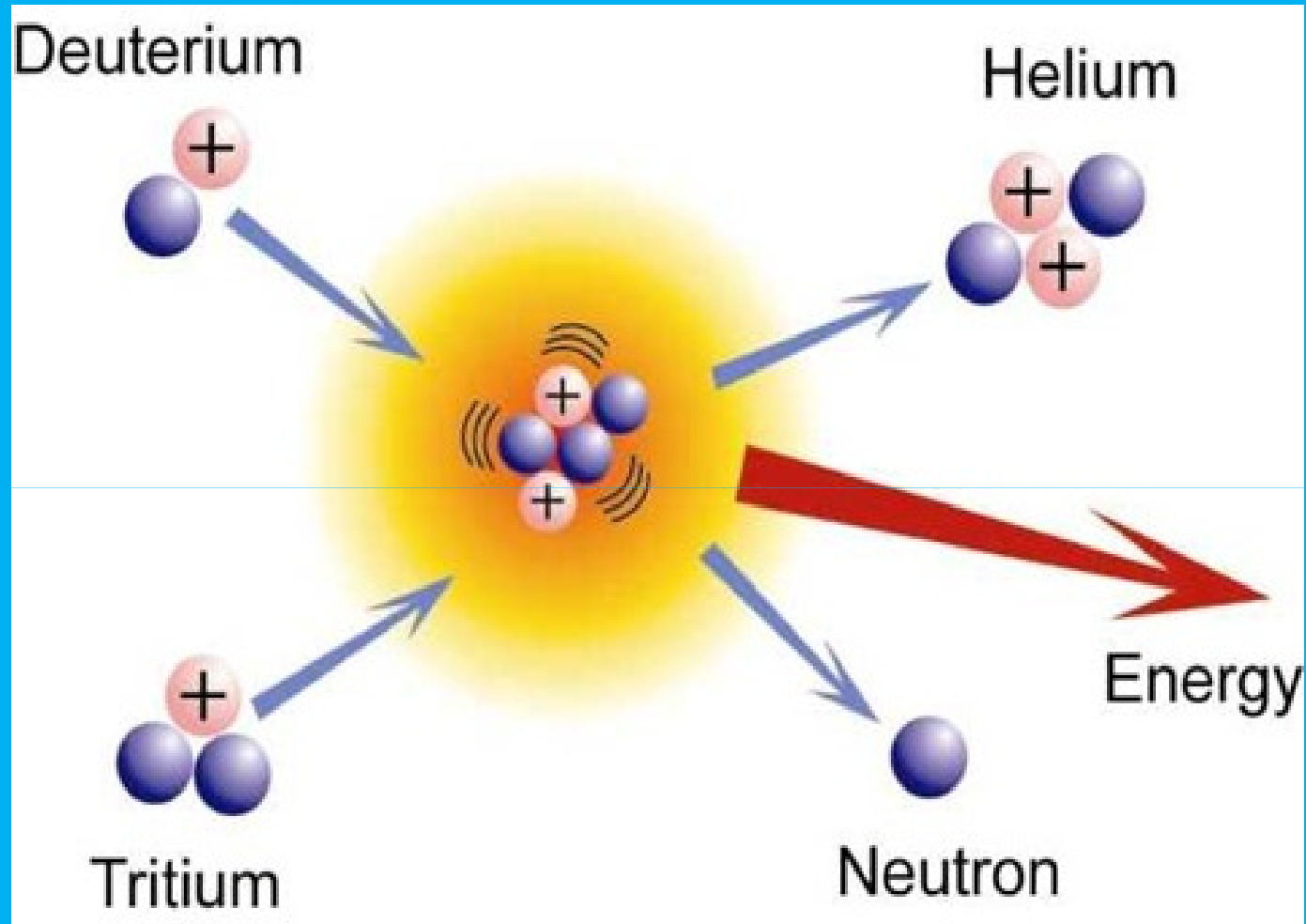
Η διαφορά αυτή μετατρέπεται σε ισοδύναμο ποσό ενέργειας και ελευθερώνεται με τη μορφή ακτινοβολίας.

Πυρηνική σύντηξη

Στην πυρηνική σύντηξη πυρήνες ατόμων ελαφρύτερων στοιχείων συντήκονται, οπότε δημιουργούνται βαρύτεροι πυρήνες.

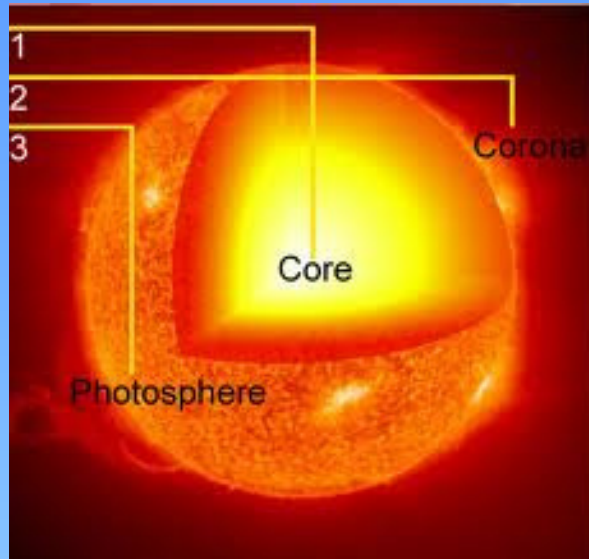
Πάλι οι πυρήνες που προκύπτουν είναι μικρότερης μάζας από τους αρχικούς και η διαφορά τους μετατρέπεται σε ενέργεια με τη μορφή ακτινοβολίας.

Η αντίδραση αυτή γίνεται καθώς πρωτόνια (δηλαδή οι πυρήνες του υδρογόνου) συγκρούονται και δημιουργούν πυρήνες ηλίου

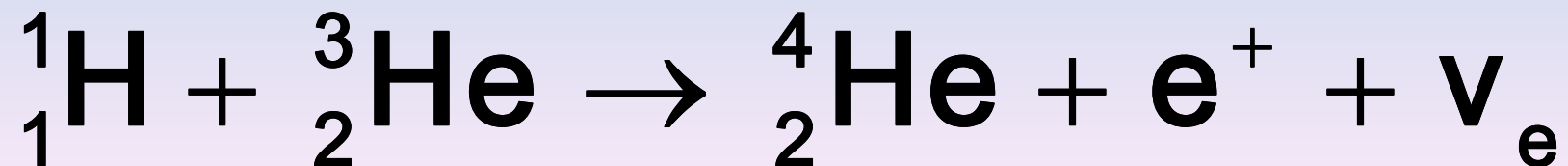
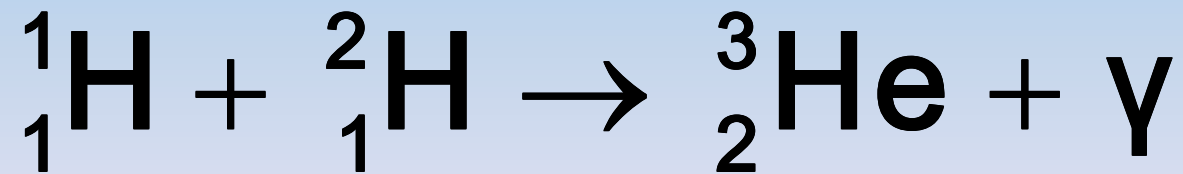
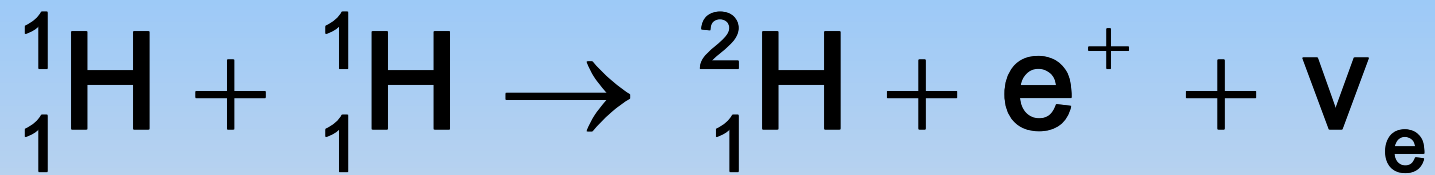


ταυτόχρονα
απελευθερώνεται
ενέργεια με τη
μορφή ακτίνων γ
και νετρίνων

Η συγκεκριμένη αντίδραση ονομάζεται αλυσίδα
πρωτονίου-πρωτονίου (p-p για συντομία) και
απελευθερώνει περίπου 4.2×10^{12} J.



Διαδικασία p - p



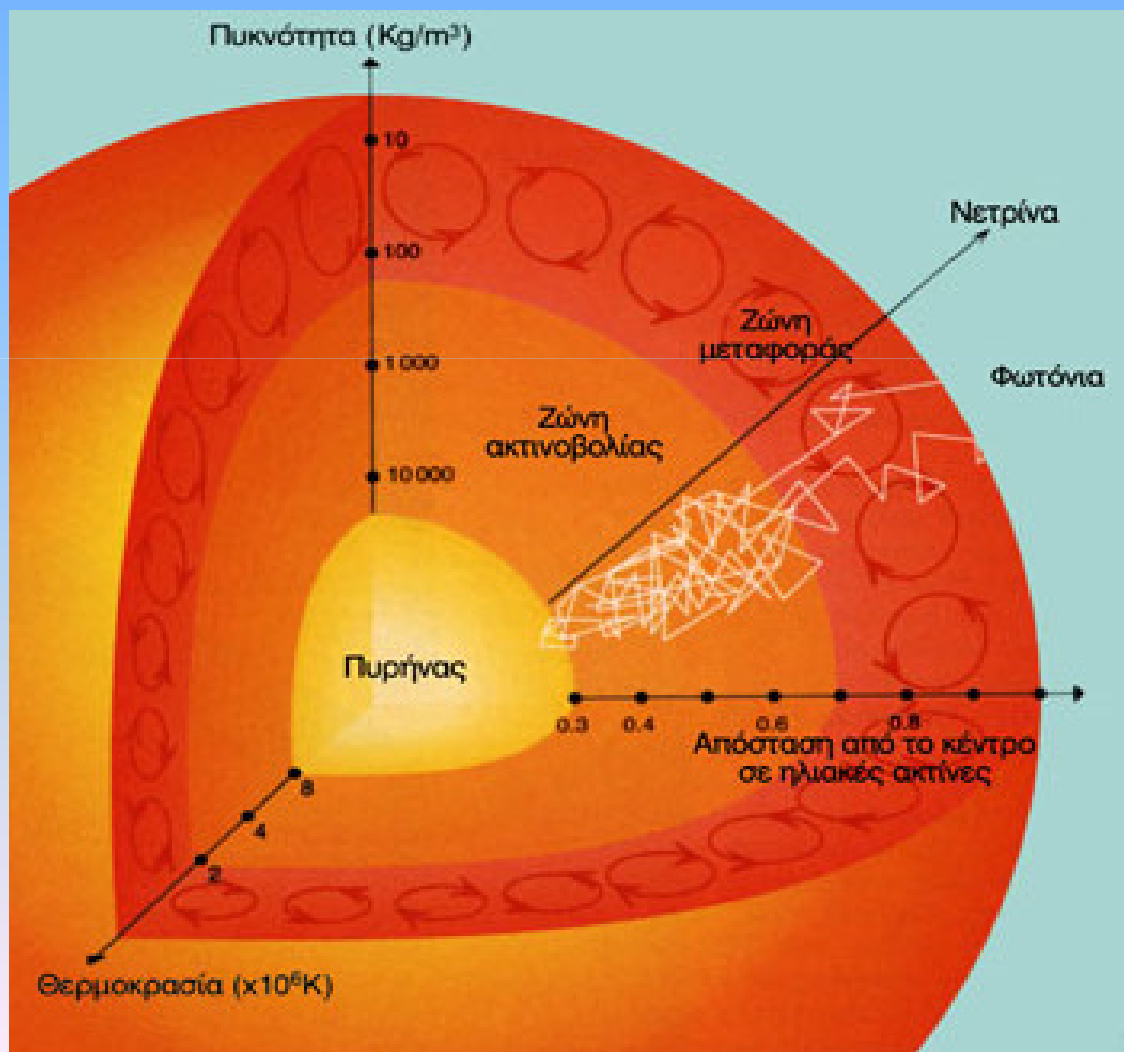
Πόσα χρόνια μπορεί να ζήσει ακόμα ο Ήλιος;

Οι αστροφυσικοί εκτιμούν ότι ο Ήλιος θα συνεχίσει να παράγει ενέργεια από τη σύντηξη υδρογόνου για 5,5 περίπου δισεκατομμύρια χρόνια.

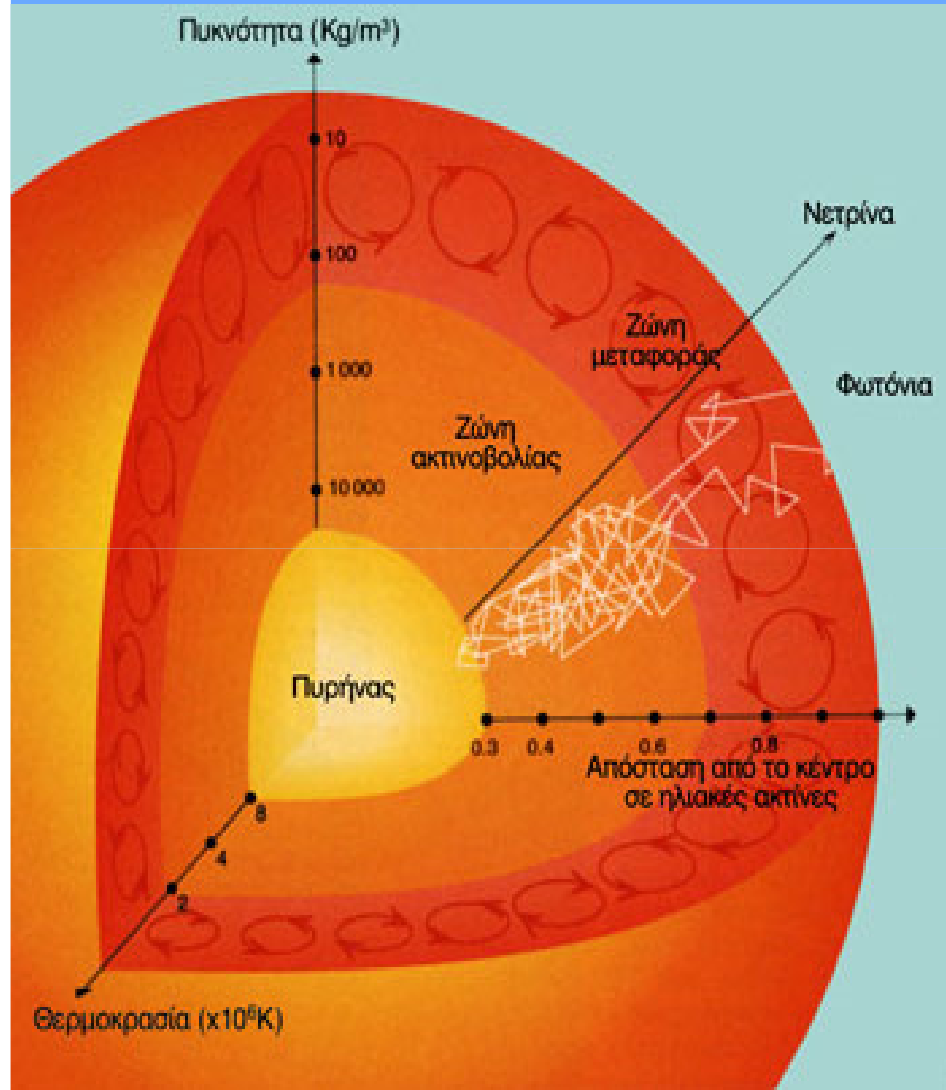
Όταν το υδρογόνο του πυρήνα τελειώσει, θα αρχίσει η σύντηξη του ηλίου σε βαρύτερα στοιχεία.

Τότε ο ρυθμός παραγωγής ενέργειας θα αλλάξει και, όταν συμβεί αυτό, η διάμετρος, η θερμοκρασία και η λαμπρότητα του Ηλίου θα μεταβληθούν.

Όστε η ενέργεια που ακτινοβολείται από τον Ήλιο, ένα μέρος της οποίας φτάνει στη Γη, προέρχεται από τον πυρήνα του. Για να καταφέρει, ωστόσο, ένα φωτόνιο που γεννήθηκε στον πυρήνα του Ήλιου να φτάσει στην επιφάνειά του, απαιτείται ένα πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι ηλιακές ακτίνες που βλέπουμε σήμερα έχουν γεννηθεί πριν από εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια.



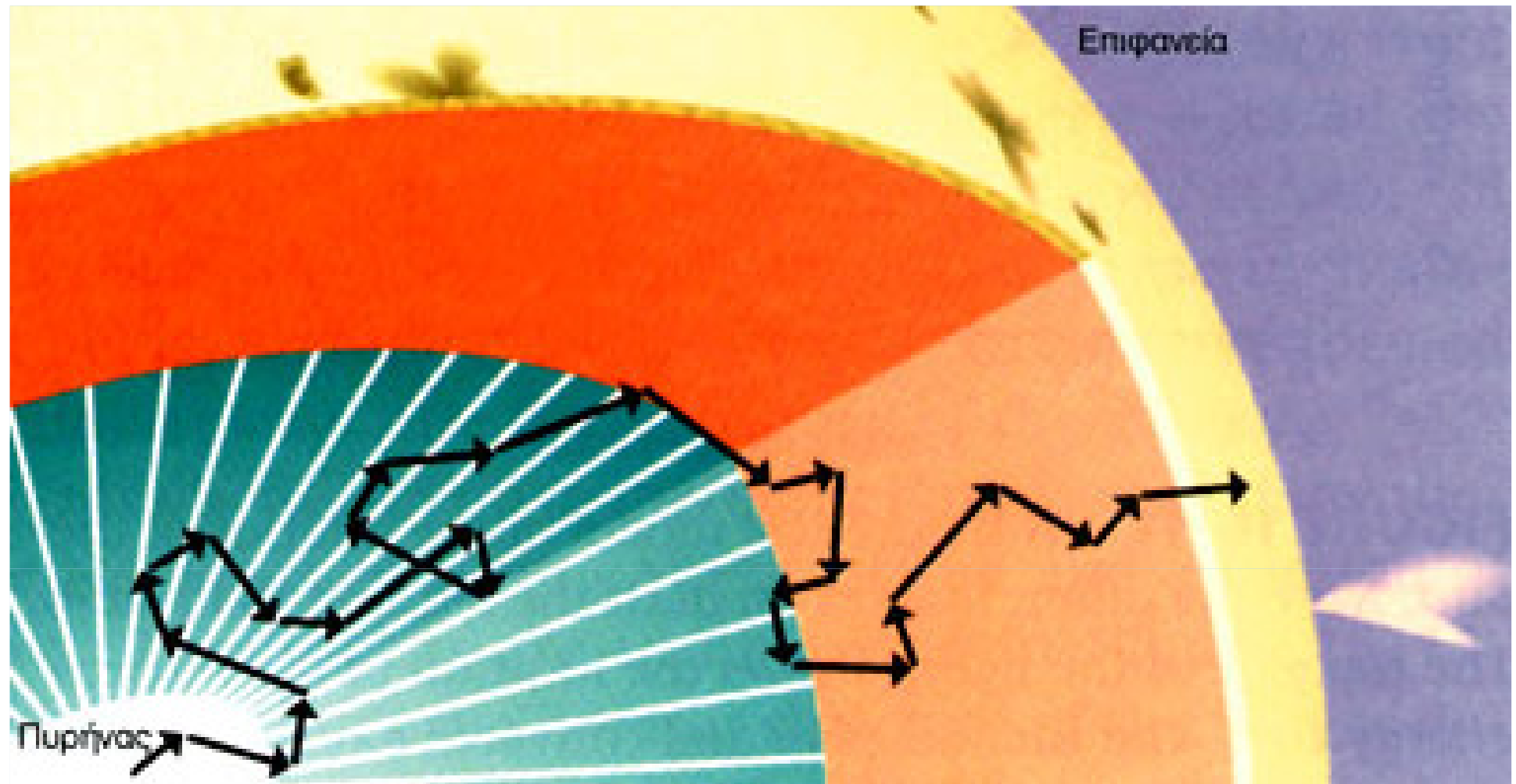
Η εσωτερική δομή του Ήλιου σε τρεις άξονες θερμοκρασίας, πυκνότητας και απόστασης.



Στον **πυρήνα** γίνονται οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις και παράγεται η ηλιακή ενέργεια από την "καύση" υδρογόνου (H) σε ήλιο (He). Η θερμοκρασία του πυρήνα, όπως αναφέρθηκε, είναι $8-15 \times 10^6 \text{ K}$ και η ακτίνα του το 30% της ηλιακής. Το 98% της ενέργειας που εκλύεται εκεί μεταφέρεται στην επόμενη ζώνη με φωτόνια ακτινοβολίας γ και με νετρίνα.

Ο πυρήνας περιβάλλεται από τη **ζώνη ακτινοβολίας**. Πρόκειται για ένα σφαιρικό φλοιό που έχει πάχος το 40% της ηλιακής ακτίνας, θερμοκρασία 2×10^6 έως $8 \times 10^6 \text{ K}$ και αποτελείται από ιονισμένη ύλη.

Γύρω από τη ζώνη ακτινοβολίας εκτείνεται η **ζώνη μεταφοράς** με πάχος περίπου το 15% της ηλιακής ακτίνας. Στην περιοχή αυτή επικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες, της τάξεως των $2 \times 10^6 \text{ K}$.



Η διαδρομή που ακολουθούν τα φωτόνια που παράγονται στο εσωτερικό του Ηλίου. Συμβαίνουν συνεχείς απορροφήσεις και επανεκπομπές τους, καθώς τα φωτόνια αλληλεπιδρούν με την ύλη.

Η μικρή, σχετικά, θερμοκρασία και η αρκετά μεγάλη πυκνότητα της ύλης ευνοεί το σχηματισμό ουδέτερων ατόμων, τα οποία απορροφούν τα φωτόνια που φτάνουν εκεί από τη ζώνη ακτινοβολίας.

Η μεταφορά της ενέργειας προς τα εξωτερικά στρώματα του Ήλιου γίνεται πλέον κυρίως μέσω ανοδικών ρευμάτων ύλης.

Στο τέλος της ζώνης μεταφοράς η πυκνότητα της ύλης του Ήλιου έχει μειωθεί σημαντικά.

Τα άτομα και τα ιόντα συμπεριφέρονται σαν ελεύθερα σωματίδια και μπορούν να επανεκπέμπουν φωτόνια.

Η ενέργεια διαδίδεται προς την ηλιακή επιφάνεια πάλι με ακτινοβολία. Τα φωτόνια που φτάνουν τελικά στην επιφάνεια του Ήλιου δεν έχουν βέβαια καμία σχέση με τα αρχικά, που δημιουργήθηκαν στον πυρήνα του.

Αντίθετα, τα νετρίνα δεν αλληλεπιδρούν σχεδόν καθόλου με τα άλλα σωματίδια της ύλης και διασχίζουν ανενόχλητα όλη τη μάζα του Ηλίου περίπου σε 2 δευτερόλεπτα.

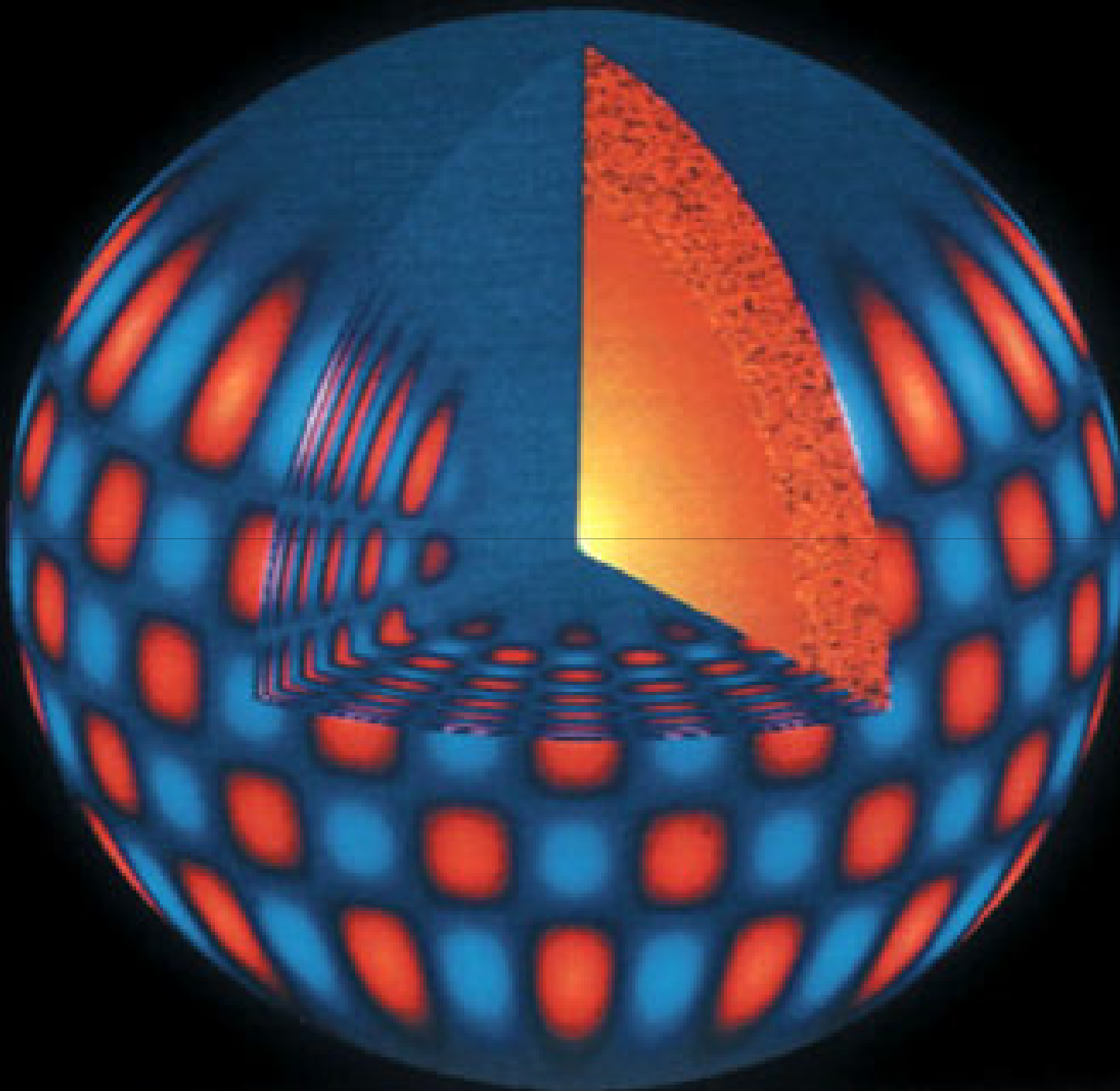
Αν λοιπόν μπορούσαμε να τα καταμετρήσουμε, θα αντλούσαμε χρήσιμες πληροφορίες για τον πυρήνα του.

Μια άλλη πηγή πληροφοριών για το εσωτερικό του Ήλιου, έρχεται από τα ηχητικά κύματα. Τα κύματα αυτά διαδίδονται στο εσωτερικό του και δημιουργούν φαινόμενα παρόμοια με τους σεισμούς της Γης, που εκδηλώνονται στην επιφάνειά του.

Ο Ήλιος λοιπόν πάλλεται με διάφορες συχνότητες.

Το γεγονός αυτό προκαλεί αλλοιώσεις στο ηλιακό φάσμα, από τις οποίες μπορούμε να συνάγουμε αξιόλογα συμπεράσματα για την μορφολογία του εσωτερικού του.

Τα διάφορα
στρώματα του
Ηλίου
ταλαντώνονται
με περίοδο από
λίγα λεπτά έως
λίγες ώρες.
Η εικόνα αυτή
παρουσιάζει τις
ταλαντώσεις
αυτές
επεξεργασμένες
από
ηλεκτρονικό
υπολογιστή.





ΤΕΛΟΣ