

ΣΥΝΤΗΞΗ

Η ιστορία δείχνει πως η επιστημονική πρόοδος δεν αξιοποιήθηκε πάντοτε προς όφελος της ανθρωπότητας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ανακάλυψη της πυρηνικής ενέργειας, της οποίας οι ειρηνικές δυνατότητες επισκιαστήκαν από τα εγκλήματα του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, όπως η ρίψη ατομικών βομβών στη Χιροσίμα και το Ναγκασάκι. Στη συνέχεια, η χρήση της περιορίστηκε κυρίως σε στρατιωτικά προγράμματα, δοκιμές και επιβολή ισχύος των πυρηνικών κρατών.

Πριν από τέσσερις δεκαετίες, μια διαφορετική μορφή πυρηνικής ενέργειας – η σύντηξη – άνοιξε αισιόδοξες προοπτικές για την αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος. Η ιδέα ξεκίνησε τη δεκαετία του 1950 από τους φυσικούς Αρτζίμοβιτς και Σπίτσερ, που ανέπτυξαν τα πρώτα πειραματικά μοντέλα (Tokamak και Stellarator), βασισμένα στη μετατροπή μάζας σε ενέργεια σύμφωνα με την εξίσωση του Αϊνστάιν ($E=mc^2$).

Στη σύντηξη, δύο ελαφροί πυρήνες – όπως δευτέριο και τρίτιο – ενώνονται για να σχηματίσουν έναν βαρύτερο, π.χ. ήλιο. Η μάζα του τελικού πυρήνα είναι μικρότερη από το άθροισμα των αρχικών, και η διαφορά αυτή μετατρέπεται σε ενέργεια. Η αντίδραση αυτή αποτελεί τη βασική πηγή ενέργειας του Ήλιου.

Για να επιτευχθεί σύντηξη στη Γη, απαιτούνται εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις, που δημιουργούνται με τεχνητά μέσα, όπως μαγνητικά πεδία τεράστιας ισχύος. Παράλληλα, δημιουργείται πλάσμα – η τέταρτη κατάσταση

της ύλης – που κυριαρχεί στο 99% του Σύμπαντος.

Η πυρηνική σύντηξη προσφέρει πολλαπλά πλεονεκτήματα:

1. Οι πρώτες ύλες (δευτέριο και τρίτιο) είναι άφθονες και δεν συνδέονται με γεωστρατηγικά συμφέροντα.
2. Δεν παράγονται πυρηνικά απόβλητα, άρα αποφεύγεται η ραδιενεργός ρύπανση.
3. Η τεχνολογία σύντηξης δεν μπορεί να αξιοποιηθεί για την κατασκευή όπλων.

Παρά τις προοπτικές, υπάρχουν ακόμη προκλήσεις. Η μετατροπή της παραγόμενης ενέργειας σε ηλεκτρισμό, η επίτευξη συνεχούς λειτουργίας των αντιδραστήρων και το πολύ υψηλό κόστος παραμένουν εμπόδια. Ερευνητικά προγράμματα μεγάλης κλίμακας πραγματοποιούνται από την Ε.Ε., τις ΗΠΑ, τη Ρωσία και την Ιαπωνία, με κορυφαίο το ITER στη Γαλλία, που φιλοδοξεί να αποδείξει τη δυνατότητα παραγωγής ενέργειας μέσω σύντηξης σε μεγάλη κλίμακα.

[ΕΛΕΥΘΕΡΟΤΥΠΙΑ, ΓΕΩΤΡΟΠΙΟ, 24.5.2003](#)

[ΕΘΝΟΣ, Ο Πυρηνικός Αντιδραστήρας Σύντηξης, ITER, 4.5.2007](#)

NUCLEAR FUSION

History shows that scientific advances have not always benefited humanity. A prime example is nuclear energy, whose peaceful potential was overshadowed by the atrocities of World War II, notably the atomic bombings of Hiroshima and Nagasaki. In the years that followed, nuclear technology was largely confined to military use, weapons testing, and the consolidation of power by nuclear states.

About four decades ago, a different form of nuclear energy—fusion—emerged with promising prospects for solving the energy crisis. The concept began in the 1950s with physicists Artsimovich and Spitzer, who developed the first experimental devices (Tokamak and Stellarator), based on Einstein's mass–energy equivalence formula ($E=mc^2$).

Fusion involves the combination of two light atomic nuclei, such as deuterium and tritium, to form a heavier one—typically helium. The resulting nucleus weighs less than the sum of the original ones, and the mass difference is released as energy. This process powers the Sun.

To reproduce fusion on Earth, extremely high temperatures and pressures are required, achieved through strong magnetic fields. These conditions create plasma—the fourth state of matter—which dominates 99% of the universe.

Fusion offers several major advantages:

1. Its raw materials (deuterium and tritium) are abundant and not linked to geopolitical conflicts.

2. It produces no long-lived radioactive waste, thus avoiding environmental contamination.
3. Fusion technology cannot be weaponized.

However, significant challenges remain: converting fusion energy into electricity, sustaining long-duration reactor operation, and overcoming the high construction costs. Large-scale research programs are underway in the EU, USA, Russia, and Japan, with ITER in France leading efforts to demonstrate sustained energy production from fusion on a large scale