

# Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 14, Αρ. 2 (2026)

Πρακτικά 14ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση


## ΠΡΑΚΤΙΚΑ

### 14°

**ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ  
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
και ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ στην ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ**

Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες  
στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές

Στην μνήμη της Άννας Σπύριου




12-14 Απριλίου 2025

**ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ  
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ, ΔΠΘ  
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΔΠΘ**

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,  
Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών,  
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

[synedrio2025.enepnet.gr](http://synedrio2025.enepnet.gr)



## Σχεδιασμός μίας Διδακτικής Παρέμβασης για την Παραγωγή Ενέργειας των Αστέρων στο Λύκειο

Μαρία Ιωαννίδου, Αναστάσιος Μολοχίδης

doi: [10.12681/codiste.9925](https://doi.org/10.12681/codiste.9925)

## Σχεδιασμός μίας Διδακτικής Παρέμβασης για την Παραγωγή Ενέργειας των Αστέρων στο Λύκειο

Μαρία Ιωαννίδου<sup>1</sup>, Αναστάσιος Μολοχίδης<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Υποψήφια Διδάκτορας, <sup>2</sup>Αναπληρωτής Καθηγητής,  
Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,  
Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης  
<sup>1</sup>marioann@auth.gr

### Περίληψη

Η Φυσική των Αστέρων αποτελεί ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον γνωστικό αντικείμενο προς διδασκαλία στο Λύκειο με σημαντικά μαθησιακά οφέλη σε εννοιολογικό, πειραματικό και επιστημολογικό επίπεδο. Στην παρούσα εργασία, παρουσιάζεται ο σχεδιασμός μίας διδακτικής παρέμβασης που απευθύνεται σε μαθητές Λυκείου και επικεντρώνεται σε μία διερευνητική και διαθεματική μελέτη του μηχανισμού παραγωγής ενέργειας στον Ήλιο, καθώς και στη διδασκαλία ορισμένων πτυχών της φύσης της επιστημονικής γνώσης. Αναλυτικότερα, οι μαθητές διερευνούν, αρχικά, δύο λανθασμένες υποθέσεις για την παραγωγή ηλιακής ενέργειας (χημικές αντιδράσεις και μηχανισμός βαρυτικής συστολής των Kelvin και Helmholtz), καταλήγοντας στην επιβεβαίωση της επιστημονικά ορθής υπόθεσης παραγωγής ενέργειας μέσω θερμοπυρηνικής σύντηξης.

**Λέξεις κλειδιά:** διδακτική της αστρονομίας, διερευνητική μάθηση, μοντέλο εκπαιδευτικής αναδόμησης, φυσική των αστέρων, φύση της επιστήμης

## Design of a Teaching Intervention about Stellar Energy Production in Upper Secondary School

Maria Ioannidou<sup>1</sup>, Anastasios Molohidis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD Candidate, <sup>2</sup>Associate Professor,  
Laboratory of Didactics of Physics and Educational Technology  
School of Physics, Aristotle University of Thessaloniki  
<sup>1</sup>marioann@auth.gr

### Abstract

Stellar physics is a particularly interesting teaching subject in secondary education settings, offering significant learning benefits in the conceptual, experimental and epistemological domain. This study presents the design of an inquiry-based teaching intervention, addressed to senior high school students, focusing on an interdisciplinary study of stars' energy production, as well as on teaching specific aspects of the nature of scientific knowledge. More specifically, students initially investigate two incorrect hypotheses about solar energy production (chemical reactions and Kelvin - Helmholtz gravitational collapse mechanism), ultimately, confirming the scientifically correct hypothesis that stars release energy through thermonuclear fusion.

**Keywords:** astronomy education, inquiry-based learning, model of educational reconstruction, nature of science, stellar physics

## Εισαγωγή

Στη βιβλιογραφία επισημαίνεται το έντονο ενδιαφέρον των μαθητών για την επιστήμη της Αστρονομίας (Bergstrom et al., 2016). Παρά τα πολυάριθμα οφέλη που απορρέουν από την ενασχόληση των μαθητών με θέματα που άπτονται της επιστήμης αυτής τόσο σε διανοητικό, όσο και σε συναισθηματικό επίπεδο, διαπιστώνεται ότι τα αναλυτικά προγράμματα δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης πολλών χωρών, συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας, περιλαμβάνουν ελάχιστα σύγχρονα θέματα Αστρονομίας, η διδασκαλία των οποίων κρίνεται, σε πολλές περιπτώσεις, αναποτελεσματική και επικεντρωμένη αποκλειστικά στην μετάδοση στείρων επιστημονικών γνώσεων (Salimpour et al., 2021). Η ελλιπής και επιφανειακή προσέγγιση των θεμάτων αυτών στο σχολικό πλαίσιο, σε συνδυασμό με τη συχνή έκθεση των μαθητών σε φαινόμενα και όρους της Αστρονομίας μέσω του διαδικτύου, των μέσων μαζικής ενημέρωσης και των ταινιών (Patil et al., 2019 · Sتمبر, 2024) έχουν ως αποτέλεσμα, μεταξύ άλλων παραγόντων, οι μαθητές να διαμορφώνουν μία πληθώρα εναλλακτικών αντιλήψεων (Bekaert et al., 2022 · Bitzenbauer et al., 2023). Ειδικότερα, μελέτες που έχουν διεξαχθεί σε δείγματα μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και πρωτοετών φοιτητών έχουν αναδείξει ένα πλήθος εναλλακτικών αντιλήψεων σχετικά με τη διαδικασία παραγωγής ενέργειας στο εσωτερικό των αστέρων, ενδεικτικά παραδείγματα των οποίων είναι ότι «οι αστέρες λάμπουν, αντανακλώντας το φως του Ήλιου» ή ότι «η παραγωγή ενέργειας στο εσωτερικό των αστέρων είναι αποτέλεσμα καύσης» (Ιωαννίδου & Μολοχίδης, 2023).

Στο πλαίσιο αυτό, κρίνεται απαραίτητη η κατάρτιση αποτελεσματικών διδακτικών παρεμβάσεων σε σύγχρονα θέματα Αστρονομίας στο Λύκειο με σκοπό τη βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης και την όξυνση του επιστημονικού τρόπου σκέψης των μαθητών. Τις προηγούμενες δεκαετίες, η σχετική επιστημονική έρευνα επικεντρώθηκε στη διδασκαλία παραδοσιακών θεμάτων Αστρονομίας, όπως οι φάσεις της Σελήνης και οι εποχές, ενώ τα τελευταία χρόνια επιχειρείται η διδασκαλία σύγχρονων θεμάτων Αστρονομίας και Κοσμολογίας (Salimpour et al., 2024). Αναφορικά με τη διδασκαλία της Φυσικής των Αστέρων σε επίπεδο Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, στη βιβλιογραφία συναντάται ένας μικρός αριθμός μελετών (Colantonio et al., 2016 · Colantonio et al., 2018 · Kardaras & Kallery, 2020). Εκτός από τη μελέτη των Colantonio et al., (2016) και των Colantonio et al., (2018), δεν εντοπίστηκε καμία άλλη μελέτη που να επιχειρεί τη διδασκαλία του μηχανισμού παραγωγής ενέργειας στους αστέρες στο Λύκειο. Ωστόσο, υπάρχει πλούσια βιβλιογραφία σχετικά με την ανάπτυξη αποτελεσματικών διδακτικών παρεμβάσεων για την προώθηση της Πυρηνικής Φυσικής σε επίπεδο Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, όπως, ενδεικτικά, η μελέτη των Teruzzi et al. (2025).

Η διαμόρφωση επιστημονικά εγγράμματων μαθητών αποτελεί πρωταρχικό στόχο των σύγχρονων αναλυτικών προγραμμάτων και αντικείμενο εκπαιδευτικών αναθεωρήσεων σε παγκόσμιο επίπεδο (Khishfe, 2023). Προϋπόθεση για την επίτευξη του σκοπού αυτού είναι οι μαθητές να κατανοήσουν όχι μόνο τις επιστημονικές γνώσεις που διδάσκονται, αλλά και τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης (Φύση της Επιστημονικής Γνώσης) και των διαδικασιών μέσω των οποίων αυτή παράγεται (Φύση της Επιστημονικής Διερεύνησης) (Priemer & Lederman, 2022). Η Φύση της Επιστημονικής Γνώσης ή, συνώνυμα, η Φύση της Επιστήμης (ΦΤΕ) είναι μία φράση που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης, έτσι όπως αυτά διαμορφώνονται από τις διερευνητικές διαδικασίες που ακολουθούν οι επιστήμονες για να προάγουν την επιστημονική γνώση (Lederman, 2019). Λαμβάνοντας υπόψη ότι η ΦΤΕ αποτελεί ένα οικοδόμημα με πολλά επίπεδα δυσκολίας και πολυπλοκότητας, απαιτείται η επιλογή των πτυχών εκείνων που θα διδαχθούν σε σχολικό επίπεδο (McComas, 2020). Ανάμεσα στις πιο αξιοσημείωτες προσπάθειες περιγραφής των χαρακτηριστικών της επιστημονικής γνώσης και ενσωμάτωσής τους στη διδασκαλία σε επίπεδο Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης είναι αυτή των Lederman & Lederman (2004). Σύμφωνα με την ανάλυσή τους, η επιστημονική γνώση έχει ορισμένα χαρακτηριστικά · βασίζεται σε εμπειρικά δεδομένα, συνάγεται από τις παρατηρήσεις, αλλά διαφέρει από αυτές, εμπριέχει το στοιχείο της ανθρώπινης φαντασίας και δημιουργικότητας,

εμπεριέχει, αναπόφευκτα, το στοιχείο της υποκειμενικότητας, δεδομένου ότι κάθε επιστήμονας διατηρεί ένα ξεχωριστό σύνολο γνώσεων, πεποιθήσεων, εμπειριών κτλ., υπόκειται σε συνεχείς αλλαγές υπό το «φως» νέων δεδομένων και η διαδικασία προαγωγής της επιστημονικής γνώσης επηρεάζει και επηρεάζεται από κοινωνικούς, πολιτικούς, φιλοσοφικούς, πολιτισμικούς και οικονομικούς παράγοντες. Επιπλέον, οι επιστημονικοί νόμοι και οι επιστημονικές θεωρίες αποτελούν διαφορετικούς τύπους επιστημονικής γνώσης.

Η προώθηση της ΦτΕ στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση αποτελεί κεντρικό εκπαιδευτικό στόχο, εδώ και πολλές δεκαετίες (Khishfe, 2023). Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις, δεν υπάρχει πρόβλεψη για μία οργανωμένη, συνεκτική και αποτελεσματική διδασκαλία της (Lederman, 2019), με αποτέλεσμα οι μαθητές να διατηρούν πολλές εναλλακτικές αντιλήψεις για τη ΦτΕ (Cofré et al., 2019). Στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα, η διδασκαλία της ΦτΕ σε επίπεδο Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης δεν είναι ιδιαίτερα εδραιωμένη, αν και υπάρχει σχετική ερευνητική δραστηριότητα (Koumara & Plakitsi, 2017). Ανάμεσα στις πιο αποτελεσματικές μεθόδους για τη διδασκαλία της ΦτΕ συγκαταλέγονται η ρητή, η αναστοχαστική και η εμπλαισιωμένη διδασκαλία, καθώς και η αξιοποίηση στοιχείων από την Ιστορία της Επιστήμης και της διερευνητικής προσέγγισης (Khishfe, 2023). Για την αξιολόγηση της κατανόησης της ΦτΕ σε δείγματα μαθητών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης χρησιμοποιείται ευρέως το ερωτηματολόγιο Views of Nature of Science των Lederman et al. (2002), το οποίο συνιστά ένα αξιόπιστο και έγκυρο εργαλείο που είναι και το πλέον δημοφιλές (Kampourakis, 2016).

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία προσπάθεια ενσωμάτωσης της διδασκαλίας της Φυσικής των Αστέρων στο Λύκειο. Ειδικότερα, επιχειρείται η σχεδίαση μίας διερευνητικής διδακτικής παρέμβασης που επικεντρώνεται στην παραγωγή ενέργειας των αστέρων. Οι μαθητές μέσα από μία σειρά δραστηριοτήτων διερευνούν δύο λανθασμένες υποθέσεις σχετικά με την παραγωγή ενέργειας στους αστέρες (χημικές αντιδράσεις, μηχανισμός βαρυτικής συστολής), καταλήγοντας στην επιβεβαίωση της ισχύουσας επιστημονικά ορθής υπόθεσης (παραγωγή ενέργειας μέσω πυρηνικής σύντηξης). Αξιοποιώντας τα στοιχεία της ιστορικής εξέλιξης των επιστημονικών ιδεών για την ερμηνεία της πηγής ενέργειας των αστέρων, επιχειρείται, επίσης, η διδασκαλία ορισμένων πτυχών της φύσης της επιστημονικής γνώσης. Από την πρώτη εφαρμογή της, πιθανώς στο πλαίσιο σχολικού ομίλου, θα διερευνηθούν οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την προέλευση της ενέργειας των αστέρων και τη ΦτΕ και θα αξιολογηθεί η καταλληλότητα και η αποτελεσματικότητα των μαθησιακών δραστηριοτήτων που αναπτύχθηκαν, ως προς την επίτευξη των γνωστικών και επιστημολογικών στόχων που τέθηκαν. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι α) η ανάπτυξη της διδακτικής παρέμβασης και β) η ανάπτυξη των εργαλείων αξιολόγησης της διδακτικής παρέμβασης.

## **Θεωρητικό Υπόβαθρο**

### **Ιστορικές Αντιλήψεις σχετικά με την Παραγωγή Ενέργειας στους Αστέρες**

Η επιστημονική κοινότητα ξεκίνησε να ασχολείται ενεργά με το ερώτημα του πώς λάμπουν ο Ήλιος και οι υπόλοιποι αστέρες από τα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα (Wiescher, 2018). Πριν από την ανακάλυψη της πραγματικής πηγής ενέργειας των αστέρων (πυρηνική σύντηξη) διατυπώθηκαν υποθέσεις που στην πορεία της επιστημονικής έρευνας αποδείχθηκαν λανθασμένες. Μία από τις πρώτες θεωρίες που προτάθηκαν για την προέλευση της ενέργειας των αστέρων ήταν αυτή των χημικών αντιδράσεων, σύμφωνα με την οποία η αστρική ενέργεια είναι αποτέλεσμα διαδικασιών καύσης (McLaughlin, 1940). Θεωρώντας ότι ο Ήλιος παράγει ενέργεια μέσω της καύσης υδρογόνου, κάρβουνου ή άλλων ειδών καύσιμης ύλης, η ηλικία του εκτιμάται σε μερικές δεκάδες χιλιάδες χρόνια (Fleck, 2024 · Skilling, 1944). Η θεωρία ενός φλεγόμενου Ήλιου πολύ σύντομα απορρίφθηκε, καθώς η παραγόμενη ενέργεια καύσης δεν επαρκούσε για να αιτιολογήσει την παρατηρούμενη ηλιακή φωτεινότητα (Mazumdar, 2005).

Στα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα, οι Helmholtz (1856) και Kelvin (Thomson, 1862) μελέτησαν και πρότειναν ανεξάρτητα έναν εναλλακτικό μηχανισμό για την παραγωγή ενέργειας στους αστέρες. Σύμφωνα με τη θεωρία τους, κατά τη βαρυτική συστολή ενός αστέρα, το σύνολο της βαρυτικής δυναμικής του ενέργειας μετατρέπεται σταδιακά σε φως και θερμότητα. Βάσει των υπολογισμών τους, η διάρκεια ζωής του Ήλιου αυξήθηκε σε μερικές δεκάδες εκατομμύρια χρόνια (Stinner, 2002). Η θεωρία βαρυτικής συστολής των Kelvin και Helmholtz κυριάρχησε για περίπου 50 χρόνια παρά τις αδυναμίες που παρουσίαζε (Kragh, 2021), προκαλώντας έντονη διαμάχη ανάμεσα στους φυσικούς με τους γεωλόγους και τους βιολόγους (Stinner, 2002). Τελικά, εγκαταλείφθηκε, διότι προέβλεπε ένα προσδόκιμο ζωής για τον Ήλιο που είναι πολύ μικρότερο από την ηλικία της Γης, βάσει γεωλογικών ευρημάτων και βιολογικών θεωριών, που εκτιμάται ότι είναι περίπου 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια (Dalrymple, 2001).

Στα τέλη της δεκαετίας του 1930, δόθηκε, τελικά, μία επιστημονική ερμηνεία για τον μηχανισμό παραγωγής ενέργειας μέσω θερμοπυρηνικών αντιδράσεων (Bethe, 1939· Bethe & Critchfield, 1938) που συμφωνούσε με τα πειραματικά δεδομένα και προέβλεπε ένα προσδόκιμο ζωής για τον Ήλιο της τάξεως των δεκάδων δισεκατομμυρίων χρόνων. Ειδικότερα, οι αστέρες της κύριας ακολουθίας παράγουν ενέργεια μέσω της σύντηξης υδρογόνου προς τον σχηματισμό ηλίου που καθίσταται δυνατή στις συνθήκες πολύ υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας που επικρατούν στο εσωτερικό τους. Οι δύο σημαντικότερες θερμοπυρηνικές αντιδράσεις σύντηξης υδρογόνου προς ήλιο είναι ο κύκλος πρωτονίου – πρωτονίου και ο κύκλος άνθρακα – αζώτου – οξυγόνου. Το 1967 ο Bethe βραβεύτηκε με το βραβείο Νόμπελ «για τη σημαντική του συνεισφορά στη θεωρία των πυρηνικών αντιδράσεων και, ειδικότερα, για τις ανακαλύψεις του σχετικά με την παραγωγή ενέργειας στους αστέρες» (Kragh, 2022).

## **Μεθοδολογία**

### **Σχεδιαστικές Αρχές της Διδακτικής Παρέμβασης**

Ο σχεδιασμός της παρούσας διδακτικής παρέμβασης έγινε στη βάση του εποικοδομητικού μοντέλου διδασκαλίας, καθώς, αρχικά, διερευνώνται οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών για την προέλευση της αστρικής ενέργειας και τη ΦΤΕ και επιχειρείται η επανοικοδόμησή τους μέσω της εμπλοκής τους στις μαθησιακές δραστηριότητες. Συνεχίζοντας, για τη δόμηση της παρέμβασης και τον σχεδιασμό των δραστηριοτήτων αξιοποιήθηκε η διδακτική προσέγγιση της καθοδηγούμενης διερεύνησης (Pedaste et al., 2015). Στο πλαίσιο αυτό, οι μαθητές ακολουθούν τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου, καθοδηγούμενοι από τον εκπαιδευτικό σε όλα τα στάδια της διερεύνησης, με στόχο να εξετάσουν την ορθότητα τριών υποθέσεων για την παραγωγή ενέργειας των αστέρων (χημικές αντιδράσεις, μηχανισμός βαρυτικής συστολής, πυρηνική σύντηξη) και να απαντήσουν τελικά στο ερώτημα του πώς οι αστέρες παράγουν ενέργεια. Το σχετικό επιστημονικό περιεχόμενο μετασχηματίστηκε σε περιεχόμενο κατάλληλο προς διδασκαλία, αξιοποιώντας το θεωρητικό μοντέλο της «εκπαιδευτικής αναδόμησης» (Duit et al., 2012), σύμφωνα με το οποίο ένας τέτοιος μετασχηματισμός καθίσταται επιτυχής, όταν το επιστημονικό περιεχόμενο προς διδασκαλία αναλύεται σε βάθος, προσδιορίζεται η εκπαιδευτική του αξία και λαμβάνονται υπόψη ερευνητικά δεδομένα σχετικά με την αποτελεσματική διδασκαλία και μάθησή του. Στη διδακτική παρέμβαση αξιοποιήθηκαν, επίσης, στοιχεία της Ιστορίας της Επιστήμης, καθώς η εξέλιξη των επιστημονικών ιδεών στη γνωστική αυτή περιοχή κρίνεται, σήμερα, ως επιστημολογικά ενδιαφέροντα. Τέλος, καθ' όλη τη διάρκεια της παρέμβασης, ο εκπαιδευτικός, μέσω καθοδηγούμενης συζήτησης, ενθαρρύνει τους μαθητές να αναστοχαστούν σχετικά με ορισμένες πτυχές της φύσης της επιστημονικής γνώσης, αναφερόμενος ρητά σε αυτές.

## Το Περιεχόμενο και η Δομή της Διδακτικής Παρέμβασης

Η διδακτική παρέμβαση που αναπτύχθηκε, συμπεριλαμβανομένων και των διαδικασιών αρχικής και τελικής αξιολόγησής της, χωρίζεται σε έξι φάσεις (Γράφημα 1) και η διάρκεια υλοποίησής της εκτιμάται σε τέσσερις διδακτικές ώρες. Ο κεντρικός εννοιολογικός στόχος που τέθηκε είναι οι μαθητές να περιγράψουν τον ορθό μηχανισμό παραγωγής ενέργειας στους αστέρες. Αναφορικά με τους επιστημολογικούς στόχους που τέθηκαν, οι μαθητές αναμένεται, μετά το πέρας της παρέμβασης, να αναφέρουν ορισμένα χαρακτηριστικά της φύσης της επιστημονικής γνώσης και, πιο συγκεκριμένα, ότι η προαγωγή της επιστημονικής γνώσης α) βασίζεται σε εμπειρικά δεδομένα, β) εμπεριέχει τα στοιχεία της δημιουργικότητας και της ανθρώπινης φαντασίας και ότι γ) η επιστημονική γνώση ενδέχεται να αλλάζει από το φως νέων δεδομένων. Αρχικά, αξιοποιείται μία ανατρεπτική ιστορία όπου παρουσιάζονται με επεξηγηματικό τρόπο, μεταξύ άλλων, τρεις αξιοσημείωτες υποθέσεις (χημικές αντιδράσεις, μηχανισμός βαρυτικής συστολής, πυρηνικές αντιδράσεις) που προτάθηκαν από την επιστημονική κοινότητα για να δοθεί απάντηση στο ερώτημα του πώς οι αστέρες παράγουν ενέργεια, με στόχο τον προσανατολισμό των μαθητών. Στη συνέχεια, τίθεται ο παραπάνω προβληματισμός στους μαθητές, ενθαρρύνοντάς τους να διατυπώσουν τις δικές τους υποθέσεις, απαντώντας σε μία ερώτηση κλειστού τύπου, που δομήθηκε, λαμβάνοντας υπόψη τις κυρίαρχες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σε σχέση με το θέμα αυτό (Ιωαννίδου & Μολοχίδης, 2023). Μετά τη διατύπωση των υποθέσεών τους, η συζήτηση συνεχίζεται, υπό ένα ιστορικό πρίσμα, συνδέοντας το περιεχόμενο των παραπάνω ιστοριών με την πορεία εξέλιξης των επιστημονικών ιδεών σχετικά με την παραγωγή της ενέργειας των αστέρων. Στο πλαίσιο αυτό, οι μαθητές εμπλέκονται σταδιακά σε τρεις διαδικασίες διερεύνησης, όπου καλούνται να αξιολογήσουν την ορθότητα των τριών παραπάνω υποθέσεων. Σε κάθε μία από αυτές υπολογίζουν το προσδόκιμο ζωής του Ήλιου βάσει της κάθε υπόθεσης, αξιοποιώντας πειραματικά δεδομένα για τα φυσικά μεγέθη του Ήλιου (ηλιακή μάζα, ηλιακή φωτεινότητα, ηλιακή ακτίνα, ποσοστό υδρογόνου στον Ήλιο), καθώς και δεδομένα για το ποσό εκλυόμενης ενέργειας από την καύση ή την πυρηνική σύντηξη ανά kg υδρογόνου, και λαμβάνοντας υπόψη γεωλογικά δεδομένα για την τρέχουσα ηλικία του Ηλιακού μας Συστήματος. Η υπόθεση των χημικών αντιδράσεων και του μηχανισμού βαρυτικής συστολής απορρίπτονται, καθώς προβλέπουν μία διάρκεια ζωής για τον Ήλιο της τάξεως των δεκάδων χιλιάδων και δεκάδων εκατομμυρίων ετών, αντίστοιχα, που δεν συμφωνεί με την τρέχουσα ηλικία του Ηλιακού μας Συστήματος βάσει γεωλογικής έρευνας, ενώ η θεωρία της πυρηνικής σύντηξης επιβεβαιώνεται παρέχοντας μία συγκρίσιμη ηλικία για τον Ήλιο. Ακολουθεί το στάδιο εξαγωγής συμπερασμάτων σχετικά με την προέλευση της ηλιακής ενέργειας και η συμπλήρωση αναστοχαστικών ερωτήσεων σχετικά με τις διδασκόμενες πτυχές της φύσης της επιστημονικής γνώσης. Δείγματα των φύλλων εργασίας που αναπτύχθηκαν παρατίθενται στην Εικόνα 1.

### Εικόνα 1. Στιγμιότυπα των φύλλων εργασίας

#### Ερώτηση 4

Να υπολογίσετε τη βαρυτική δυναμική ενέργεια του Ήλιου.

#### Ερώτηση 5

i) Να υπολογίσετε τη διάρκεια ζωής του Ήλιου ( $t_{βαρ}$ ) σε δευτερόλεπτα, σύμφωνα με την παραπάνω θεωρία, διαιρώντας τη βαρυτική δυναμική ενέργεια ( $U$ ) του Ήλιου με τη φωτεινότητά του ( $L_{\odot}$ ).

ii) Να μετατρέψετε το παραπάνω χρονικό διάστημα σε χρόνια (yrs)

$$t'_{βαρ} =$$

#### Υπόθεση 3<sup>η</sup>: Ο Ήλιος παράγει ενέργεια μέσω πυρηνικών αντιδράσεων

✚ Στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, ο γερμανοαμερικανός φυσικός, Hans Bethe πρότεινε μία νέα θεωρία για την παραγωγή ενέργειας στον Ήλιο, υποστηρίζοντας ότι είναι αποτελέσματα πυρηνικών αντιδράσεων. Πιο συγκεκριμένα, ο Bethe πρότεινε ότι ηλιακή ενέργεια απελευθερώνεται όταν τέσσερις πυρήνες υδρογόνου συνενώνονται, σχηματίζοντας έναν πυρήνα ηλίου, διαδικασία γνωστή και ως πυρηνική σύντηξη του υδρογόνου στον Ήλιο.



#### Ερώτηση 6

Να υπολογίσεις το συνολικό ποσό ενέργειας ( $E_{ολ,πυρ}$ ) που θα μπορούσε να απελευθερωθεί από την πυρηνική σύντηξη της συνολικής ποσότητας υδρογόνου που περιέχεται στον πυρήνα του Ήλιου. Η συνολική αυτή ποσότητα ( $M_{H,πυρ}$ ) είναι περίπου ίση με  $5 \cdot 10^{29} \text{ kg}$ .

**Γράφημα 2.** Διαγραμματική αναπαράσταση της δομής της διδακτικής παρέμβασης



### Αξιολόγηση της Διδακτικής Παρέμβασης

Η διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με την προέλευση της ενέργειας των αστέρων πραγματοποιείται στην αρχή της διερευνητικής διαδικασίας, κατά το στάδιο διατύπωσης υποθέσεων, μέσω της συμπλήρωσης μίας ερώτησης κλειστού τύπου (Εικόνα 1). Ο βαθμός επίτευξης του εννοιολογικού στόχου που τέθηκε αξιολογείται, στο στάδιο εξαγωγής συμπερασμάτων, όπου οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε μία ερώτηση ανοικτού τύπου («Πώς ο Ήλιος και οι υπόλοιποι αστέρες παράγουν ενέργεια;»). Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της διδακτικής παρέμβασης ως προς την επίτευξη των στόχων που τέθηκαν σε επιστημολογικό επίπεδο έγινε με τη χρήση ορισμένων ερωτήσεων της τελευταίας έκδοσης του ερωτηματολογίου *Views of Nature of Science (VNOS-D+)* (Lederman et al., 2002) (μεταφρασμένες στην ελληνική γλώσσα) που συμπληρώθηκε από τους μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση (Εικόνα 3).

### Εικόνα 3. Ενδεικτικές ερωτήσεις του εργαλείου διερεύνησης των απόψεων των μαθητών για τη ΦτΕ

3. Οι επιστήμονες παράγουν επιστημονικές γνώσεις. Πιστεύεις ότι αυτές οι γνώσεις θα αλλάξουν στο μέλλον; Εξήγησε την απάντησή σου, χρησιμοποιώντας ένα παράδειγμα.

4. Οι επιστήμονες συμφωνούν στο ότι δεινόσαυροι εξαφανίστηκαν πριν από περίπου 65 εκατομμύρια χρόνια. Ωστόσο, διαφωνούν σχετικά με την αιτία που προκάλεσε την εξαφάνισή τους. Τι πιστεύεις ότι πρέπει να κάνει ένας επιστήμονας αν θέλει να πείσει τους υπόλοιπους επιστήμονες σχετικά με την θεωρία του για την εξαφάνιση των δεινόσαυρων. Εξήγησε την απάντησή σου.

Η διδακτική παρέμβαση που αναπτύχθηκε πρόκειται να εφαρμοστεί το επόμενο σχολικό έτος σε δείγμα μαθητών της Α' και Β' Λυκείου στο πλαίσιο ενός εκπαιδευτικού ομίλου, με σκοπό να αποτιμηθεί η αποτελεσματικότητά της ως προς την επίτευξη των γνωστικών και επιστημολογικών στόχων που τέθηκαν και να συλλεχθούν δεδομένα που θα αξιοποιηθούν για τη βελτίωσή της.

## Βιβλιογραφία

- Ιωαννίδου, Μ. & Μολοχίδης, Α. (2023). Βιβλιογραφική επισκόπηση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών στην γνωστική περιοχή της εξέλιξης των αστερών. Στο Κ. Θ. Κώτσης, Γ. Στύλος, Γ. Βακάρου, Α. Γαβρίλας και Δ. Πανάγου (Επιμ.) *13<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Πρακτικά*, σελ. 401-411. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα. <https://doi.org/10.12681/codiste.6888>
- Bekaert, H., Van Dooren, W., Van Winckel, H., Steegen, A., Nicolini, M., Sippel, A. C., Staikidis, C., Thiering, I. & De Cock, M. (2022). Students' knowledge of the apparent motion of the Sun and stars across four European countries. *Astronomy Education Journal*, 2(1), 1-14. <https://doi.org/10.32374/AEJ.2022.2.1.038ra>
- Bergstrom, Z., Sadler, P., & Sonnert, G. (2016). Evolution and Persistence of Students' Astronomy Career Interests: A Gender Study. *Journal of Astronomy & Earth Sciences Education*, 3(1), 77-92. <https://doi.org/10.19030/jaese.v3i1.9690>
- Bethe, H. A. (1939). Energy production in stars. *Physical Review*, 55(5), 434-456 . <https://journals.aps.org/pr/pdf/10.1103/PhysRev.55.434>
- Bethe, H. A., & Critchfield, C. L. (1938). The formation of deuterons by proton combination. *Physical Review*, 54(4), 248 - 254. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.54.248>
- Bitzenbauer, P., Navarrete, S., Hennig, F., Ubben, M. S., & Veith, J. M. (2023). Cross-age study on secondary school students' views of stars. *Physical Review Physics Education Research*, 19(2), 020165. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020165>
- Cofré, H., Núñez, P., Santibáñez, D., Pavez, J. M., Valencia, M., & Vergara, C. (2019). A critical review of students' and teachers' understandings of nature of science. *Science & Education*, 28, 205-248. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00051-3>
- Colantonio, A., Galano, S., Leccia, S., Puddu, E., & Testa, I. (2016). A teaching module about stellar structure and evolution. *Physics Education*, 52(1), 015012. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/52/1/015012>
- Colantonio, A., Galano, S., Leccia, S., Puddu, E., & Testa, I. (2018). Design and development of a learning progression about stellar structure and evolution. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), 010143. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.010143>
- Dalrymple, G. B. (2001). The age of the Earth in the twentieth century: a problem (mostly) solved. *Geological Society, London, Special Publications*, 190(1), 205-221. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2001.190.01.14>
- Duit, R., Gropengieber, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction – A framework for improving teaching and learning science. Στο D. Jorde & J. Dillon (Επιμ.), *Science Education Research and Practice in Europe Retrospective and Prospective*, 13-37. Rotterdam, Sense Publishers research and development in Science Education. <https://doi.org/10.13140/2.1.2848.6720>
- Fleck, R. (2024). Stellar Evolution: The Life Cycle of Stars. Στο R. Fleck (Επιμ.) *We Are Stardust. Stellar Evolution and Our Cosmic Connection*, 69-141. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-67275-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-031-67275-0_3)
- Helmholtz, H. V. (1856). LXIV. On the interaction of natural forces. *The London, Edinburgh, and , Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 11(75), 489-518. <https://doi.org/10.1080/14786445608642114>
- Kampourakis, K. (2016). The “general aspects” conceptualization as a pragmatic and effective means to introducing students to nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(5), 667-682. <https://doi.org/10.1002/tea.21305>
- Kardaras, I., & Kallery, M. (2020). A teaching module for blackbody radiation using the continuous spectra of stars. *Physics Education*, 55(4), 045010. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab853c>

- Khishfe, R. (2023). Improving students' conceptions of nature of science: A review of the literature. *Science & Education*, 32(6), 1887-1931. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00390-8>
- Kragh, H. (2021). Reluctant Pioneer of Nuclear Astrophysics: Eddington and the Problem of Stellar Energy. *arXiv preprint arXiv:2111.02096*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2111.02096>
- Kragh, H. (2022). Before Bethe: Early Ideas of the Sun's Generation of Energy. *arXiv preprint arXiv:2209.00072*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.00072>
- Koumara, A., & Plakitsi, K. (2017). The nature of science in lower secondary school: the case of Greece. *Science education: Research and praxis*, 64-65, 104–114.
- Lederman, N. G. (2019). Contextualizing the relationship between nature of scientific knowledge and scientific inquiry: Implications for curriculum and classroom practice. *Science & Education*, 28, 249-267. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00030-8>
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of research in science teaching*, 39(6), 497-521. <https://doi.org/10.1002/tea.10034>
- Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2004). Revising instruction to teach nature of science. *The Science Teacher*, 71(9), 36-39.
- Mazumdar, I. (2005). Nucleosynthesis and energy production in stars: Bethe's crowning achievement. *Resonance*, 10, 67-77. <https://doi.org/10.1007/BF02867168>
- McComas, W. F., Clough, M. P., & Nouri, N. (2020). Nature of science and classroom practice: A review of the literature with implications for effective NOS instruction. Στο W.F. McComas (Επιμ.) *Nature of science in science instruction: Rationales and strategies*, 67-111. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-57239-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-57239-6_4)
- McLaughlin, D. B. (1940). The Astrophysical Basis and Historical Background for Theories of Stellar Energy. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 52(310), 358-372. <https://doi.org/10.1086/125225>
- Patil, S. J., Chavan, R., & Khandagale, V. S. (2019). Identification of misconceptions in science: Tools, techniques & skills for teachers. *Aarhat Multidisciplinary International Education Research Journal*, 8, 466–472.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L.A., de Jong, T., van Riesen, S.A.N., Kamp, E.T., Manoli, C.C., Zacharia, Z.C., Tsourlidaki, E. (2015). Phases of Inquiry-Based Learning: Definitions and the Inquiry Cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Priemer, B., & Lederman, N. G. (2022). Nature of Scientific Knowledge and Nature of Scientific Inquiry in Physics Lessons. In Fischer, H.E. & Girwidz, R. (Eds.) *Physics Education* (pp. 113-150). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-87391-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-87391-2_5)
- Salimpour, S., Bartlett, S., Fitzgerald, M. T., McKinnon, D. H., Cutts, K. R., James, C. R., Miller S., Danaia L., Hollow R. P., Cabezon S., Faye M., Tomita A., Max C., de Korte M., Baudouin C., Birkenbauma D., Kallery M., Anjos S., Wu Q., Chu H.-e., Slater E. & Ortiz-Gil, A. (2021). The gateway science: A review of astronomy in the OECD school curricula, including China and South Africa. *Research in Science Education*, 51, 975-996. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09922-0>
- Salimpour, S., Fitzgerald, M., & Eriksson, U. (2024). A descriptive overview of English-language publications in the field of Astronomy Education Research, 1898 to 2022. *Astronomy Education Journal* 4(1). <https://doi.org/10.32374/AEJ.2024.4.1.140aer>
- Skilling, W. T. (1944). Whence the heat of Sun and stars?. *The Scientific Monthly*, 58(2), 148-152. Ανακτήθηκε 2 Ιουνίου 2025 από: <http://www.jstor.org/stable/18093>
- Stember, R. (2024). Introduction to Outreach Astronomy. Στο *Share the Universe*. The Patrick Moore Practical Astronomy Series. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-53495-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-031-53495-9_1)
- Stinner, A. (2002). Calculating the age of the Earth and the Sun. *Physics education*, 37(4), 296. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/37/4/302>
- Teruzzi, P., Carpineti, M., & Ludwig, N. (2025). An experience of innovative learning with multimodal teaching techniques in nuclear physics education in Italy. *Physics Education*, 60(3), 035012. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/adba31>
- Thomson, W. (1862). On the Age of the Sun's Heat. *Macmillan's Magazine*, 5(5), 288-93. <https://doi.org/10.1093/owc/9780199554652.003.0021>
- Wiescher, M. (2018). The history and impact of the CNO cycles in nuclear astrophysics. *Physics in Perspective*, 20, 124-158. <https://doi.org/10.1007/s00016-018-0216-0>