

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

(2023)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Πρακτικά Εκτεταμένων Συνόψεων των Εργασιών



Ένα ανατρεπτικό κείμενο για την κατανόηση της έννοιας της μαύρης τρύπας στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Νικόλαος Βλαχοστέργιος, Αναστάσιος Ζουπιδής, Δημήτριος Πνευματικός

doi: [10.12681/codiste.5444](https://doi.org/10.12681/codiste.5444)

ΕΝΑ ΑΝΑΤΡΕΠΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ ΤΗΣ ΜΑΥΡΗΣ ΤΡΥΠΑΣ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Νικόλαος Βλαχοστεργίος¹, Αναστάσιος Ζουπιδής², Δημήτριος Πνευματικός³

¹Μετ. Φοιτητής ΠΜΣ ΔιΦΕΤ ΑΠΘ, ²Επίκουρος Καθηγητής ΠΤΔΕ ΔΠΘ, ³Καθηγητής ΠΤΔΕ ΠΔΜ

nikolaosvlachostergios@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της εργασίας ήταν η δημιουργία ενός ανατρεπτικού κειμένου το οποίο θα μπορούσε να αξιοποιηθεί στη διδασκαλία της έννοιας της μαύρης τρύπας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Για τον σκοπό αυτό, προηγήθηκε α) ιστορική καταγραφή της πορείας της έννοιας και β) βιβλιογραφική ανασκόπηση για την χαρτογράφηση των πιθανών εναλλακτικών ιδεών που συνδέονται με τις μαύρες τρύπες. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση, η οποία έγινε με την βοήθεια των μηχανών αναζήτησης Google Scholar και Scopus, ανέδειξε ότι η έρευνα πάνω στο πεδίο αυτό είναι περιορισμένη και ότι οι δημοφιλέστερες εναλλακτικές ιδέες για τις μαύρες τρύπες είναι (α) ότι θα ρουφήξουν τα πάντα στο σύμπαν και (β) ότι είναι «μαύρες» σε όλο το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Το προτεινόμενο ανατρεπτικό κείμενο για τις ιδέες αυτές αναπτύσσεται στο πλαίσιο μιας εκπομπής σε έναν ραδιοφωνικό σταθμό, όπου ένας μαθητής συζητάει με μία φυσικό τους προβληματισμούς του σχετικά με τις μαύρες τρύπες.

Λέξεις κλειδιά: μαύρες τρύπες, εναλλακτικές ιδέες, ανατρεπτικό κείμενο

A REFUTATIONAL TEXT ABOUT THE UNDERSTANDING OF THE CONCEPT OF BLACK HOLE IN SECONDARY EDUCATION

Nikolaos Vlachostergios¹, Anastasios Zoupidis², Dimitrios Pnevmatikos³

¹ MsC student Physics Dpt AUTH, ²Assistant Professor DPLE DUTH, ³Professor DPLE UoWM

nikolaosvlachostergios@gmail.com

ABSTRACT

The aim of this work was the development of a refutational text which could be included in the teaching of the concept of black holes in secondary level education. For this purpose, we proceeded to a literature review a) about the historical evolution and b) the alternative ideas that can be linked to this concept. The literature review was conducted with the aid of the research machines "Google Scholar" and "Scopus" and showed that the research on this field is limited and that the most popular alternative ideas about black holes are a) that they can absorb everything in the universe, and b) that they are "black" in all the electromagnetic spectrum. The proposed refutational text about these ideas evolves in a radio broadcast, where a student is discussing with a physicist about his concerns on black holes.

Keywords: black holes, alternative conceptions, refutational text

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως έχει πρόσφατα επισημάνει ο Pinochet (2019), τα δημοφιλή βιβλία επιστήμης και οι λιγοστές έρευνες πάνω στην εκπαίδευση στις μαύρες τρύπες συνήθως εστιάζουν την προσοχή τους στην ανάλυση των ιδιοτήτων αυτών των αντικειμένων, της συμπεριφοράς τους και των αλληλοεπιδράσεων με την περιβάλλουσα ύλη και ενέργεια, αλλά δεν δίνουν πολύ προσοχή στις εναλλακτικές ιδέες που τα άτομα κατασκευάζουν για αυτές όταν έρχονται σε επαφή με την σχετική επιστημονική γνώση. Με τον όρο εναλλακτικές ιδέες περιγράφουμε τις ιδέες, θεωρίες ή προσεγγίσεις που διαφέρουν από την κυρίαρχη αποδεδειγμένη άποψη ή θεωρία για μια έννοια, τις οποίες τα άτομα κατασκευάζουν στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν τον κόσμο. Οι εναλλακτικές ιδέες για ένα φαινόμενο δεν είναι πάντοτε επιστημονικά αξιόπιστες.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχουν οι εναλλακτικές ιδέες που κατασκευάζουν οι μαθητές στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν τις επιστημονικές έννοιες ή ένα φυσικό φαινόμενο που μελετάται στο πλαίσιο του σχολείου, να επικοινωνήσουν σχετικά με αυτό με άλλους ανθρώπους (π.χ. συμμαθητές τους), ή να επιλύσουν κάποιο πρόβλημα. Σύμφωνα με τη Θεωρία Πλαισίου, οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, αλλά και των αρχαρίων σε μια επιστήμη, προκύπτουν από την προσπάθεια δημιουργίας ενός νοητικού μοντέλου στο οποίο οι νέες πληροφορίες για μία έννοια και οι προϋπάρχουσες εννοιολογικές δομές που εκτιμούν ότι σχετίζονται με τις έννοιες αυτές συνθέτουν ένα συνεκτικό σχήμα με το οποίο ερμηνεύουν τα φαινόμενα που σχετίζονται με τις έννοιες αυτές (Vosniadou, 2013). Αν και τα νοητικά αυτά μοντέλα σχηματίζονται στην στιγμή, όταν επαναλαμβάνονται μπορούν να αποκτήσουν στοιχεία εδραιωμένων πεποιθήσεων και θεωριών που ενίοτε εμποδίζουν την απόκτηση των επιστημονικών θεωριών για τις ίδιες έννοιες ή φαινόμενα. Για τον λόγο αυτό, ακόμη και μετά από χρόνια σχολικής εκπαίδευσης τα άτομα εξακολουθούν να διατηρούν παρανοήσεις για μια σειρά εννοιών και φαινομένων στην επιστήμη. Κρίνεται έτσι ως σημαντικός εκπαιδευτικός και διδακτικός χειρισμός ο εντοπισμός των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών για μία έννοια προκειμένου οι μαθητές να βοηθηθούν να αναστοχαστούν για τις απόψεις τους και στη συνέχεια να τις αποδομήσουν προκειμένου να κατακτήσουν την τρέχουσα επιστημονικά αποδεκτή άποψη για μία έννοια ή φαινόμενο.

Συχνά οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών ακολουθούν την πορεία της επιστημονικής σκέψης για την κατανόηση των ίδιων φαινομένων (Thagard, 1993). Έτσι, η ιστορική πορεία μιας έννοιας, μπορεί να αξιοποιηθεί ως ένα διδακτικό εργαλείο, διότι βοηθά στην κατανόηση των δυσκολιών που είχαν οι επιστήμονες στην κατανόηση των εννοιών και των αλλαγών σε διάφορα επίπεδα (οντολογικών ή επιστημολογικών προϋποθέσεων) που απαιτήθηκαν προκειμένου να προχωρήσουν σε μια πληρέστερη κατανόηση του φαινομένου. Επίσης, ένα διδακτικό εργαλείο το οποίο βοηθά στην αποδόμηση των εναλλακτικών ιδεών είναι η χρήση «ανατρεπτικών κειμένων». Τα «ανατρεπτικά κείμενα» στοχεύουν στη διδασκαλία εννοιών και φαινομένων για τα οποία οι μαθητές έχουν μέσα από την καθημερινή τους εμπειρία κατασκευάσει κάποια ή κάποιες εναλλακτικές ιδέες. Η εφαρμογή τους είναι απλή (Schroeder & Kucera, 2022). Ξεκινούν από την παρουσίαση κάποιας εναλλακτικής ιδέας (όπως προκύπτει μέσα από την έρευνα) (βήμα 1), και στην συνέχεια, δημιουργούν μέσα από διαλεκτικές ερωτήσεις (βήμα 2) γνωστικές συγκρούσεις που στοχεύουν στην ανατροπή των εναλλακτικών ιδεών (βήμα 3). Στο σημείο αυτό, η γνώση της ιστορικής πορείας των εννοιών και των συγκρούσεων που οι επιστήμονες διαχειρίστηκαν μπορεί να αξιοποιηθεί με επιτυχία. Τέλος, παρουσιάζεται και τεκμηριώνεται επιστημονικά η νέα επιστημονική έννοια και τα φαινόμενα που εξηγεί.

Οι μαύρες τρύπες, αποτελούν μέρος της διδακτέας ύλης στη φυσική προσανατολισμού στη Β' Λυκείου (Οδηγίες Διδασκαλίας Φυσικής Λυκείου), αλλά παρόλα αυτά είναι ακόμη ένα ανεξερεύνητο κομμάτι της διδακτικής των ΦΕ, όσον αφορά το ποιες είναι οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών πάνω σε αυτές και ποιες στρατηγικές θα μπορούσαν να ακολουθηθούν ώστε να αντιμετωπιστούν. Στόχος της εργασίας ήταν η δημιουργία ενός ανατρεπτικού κειμένου το οποίο θα μπορούσε να αξιοποιηθεί στη διδασκαλία αυτής της

ενότητας. Για τον σκοπό αυτό, προηγήθηκε α) ιστορική καταγραφή της πορείας της έννοιας και β) βιβλιογραφική ανασκόπηση για την χαρτογράφηση των πιθανών εναλλακτικών ιδεών που συνδέονται με τις μαύρες τρύπες.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η αναζήτηση πληροφοριών για την χαρτογράφηση της ιστορικής εξέλιξης της έννοιας της μαύρης τρύπας και τον εντοπισμό των εναλλακτικών ιδεών των μαύρων τρυπών έγινε με την βοήθεια των μηχανών αναζήτησης Google Scholar και Scopus. Κατά την αναζήτηση οι κύριες λέξεις κλειδιά ήταν «black hole misconceptions», «black holes alternative ideas» και «historic evolution of black holes». Κατά την αναζήτηση στο Google Scholar, στην πρώτη λέξη κλειδί εμφανίστηκαν 50.100 αποτελέσματα, την δεύτερη λέξη κλειδί εμφανίστηκαν 607.000 αποτελέσματα και στην τρίτη λέξη κλειδί 123.000 αποτελέσματα. Αντιστοίχως στο Scopus στις αντίστοιχες αναζητήσεις ο αριθμός των αποτελεσμάτων ήταν 24, 39 και 6. Τα περισσότερα άρθρα απορρίφθηκαν από την έρευνα καθώς έκαναν αναφορά σε εναλλακτικές επιστημονικές θεωρίες για τις μαύρες τρύπες και δεν αναφερόντουσαν σε εναλλακτικές ιδέες μαθητών, ενώ επίσης αρκετά από αυτά μπορεί να προέκυψαν σε παραπάνω από μία αναζητήσεις, ή μηχανές αναζήτησης. Τα κριτήρια επιλογής των άρθρων που αναφέρονται στο θέμα της εργασίας ήταν α) η σχετικότητά τους με το θέμα και β) κατά πόσο αναλύονται οι ιδέες που παρουσιάζουν ή είναι απλές αναφορές σε γενικότερου ενδιαφέροντος θέμα.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης έγινε μία ιστορική αναδρομή για την έννοια των μαύρων τρυπών, από τον John Mitchell και τα σκοτεινά αστέρια μέχρι τον John Wheeler και την ονομασία «Μαύρες Τρύπες» (Misner et al., 2009) καταλήγοντας στις φωτογραφίες των «σκιών» των μαύρων τρυπών (π.χ. Akiyama et al., 2019). Με βάση την ιστορική εξέλιξη της έννοιας, ακολούθησε η δημιουργία νοητικών χαρτών που παρουσιάζουν τις αλλαγές στην έννοια της μαύρης τρύπας μέσα στο χρόνο.

Μέσα από τη βιβλιογραφική αναζήτηση προηγούμενων εργασιών εντοπίστηκαν διάφορες εναλλακτικές ιδέες πάνω στο τι είναι και τι μπορεί να κάνει μία μαύρη τρύπα. Κάποιες από αυτές τις ιδέες είναι ότι οι μαύρες τρύπες: (1) θα ρουφήξουν τα πάντα στο σύμπαν (Riggs, 2019), (2) ζουν για πάντα (Comins, 2001), (3) είναι άδειος χώρος (Comins, 2001), (4) είναι «μαύρες» σε όλο το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (Pinochet, 2019), και (5) έχουν πολύ μεγάλη μέση πυκνότητα (Pinochet, 2019). Οι δημοφιλέστερες από τις παραπάνω πέντε εναλλακτικές ιδέες φαίνεται ότι είναι η (1) και η (4) (Riggs, 2019· Pinochet, 2019).

Με βάση τα παραπάνω ευρήματα από την βιβλιογραφική ανασκόπηση σχεδιάστηκε ένα ανατρεπτικό κείμενο για την έννοια της μαύρης τρύπας. Ως πλαίσιο του ανατρεπτικού κειμένου επιλέχθηκε μια εκπομπή σε έναν ραδιοφωνικό σταθμό. Πιο συγκεκριμένα, δίνεται φωνή σε αυτές τις δύο ιδέες μέσω ενός μαθητή, του Κωστάκη, ο οποίος συζητάει με μία φυσικό με στόχο να κατευνάσει τους προβληματισμούς του σχετικά με τις μαύρες τρύπες. Αφορμή για τις ανησυχίες του Κωστάκη είναι διάφορα άρθρα στα οποία γίνεται λόγος για τον κίνδυνο δημιουργίας μιας μαύρης τρύπας σε κάποιο ερευνητικό εργαστήριο. Όλα αυτά, τραβάνε και απασχολούν τον Κωστάκη ο οποίος διαβάζοντας για όλους αυτούς τους κινδύνους αποφασίζει να ψάξει τι είναι μία μαύρη τρύπα και κατά πόσο είναι τόσο επικίνδυνη όσο λέγεται.

Όντας στην εκπομπή ο Κωστάκης ρωτάει την φυσικό «κ. Μελίντα» διάφορες ερωτήσεις που έχουν προκύψει από την προσωπική του μελέτη για τις μαύρες τρύπες. Για παράδειγμα αναρωτιέται κατά πόσο οι επιστήμονες στην προσπάθειά τους να ανακαλύψουν ακόμη περισσότερα πράγματα για το σύμπαν και τον κόσμο γύρω μας μπορεί να δημιουργήσουν μία μαύρη τρύπα στο εργαστήριο ή κατά πόσο υπάρχει ο

κίνδυνος μία μαύρη τρύπα να ρουφήξει τελικά τα πάντα στο σύμπαν. Τέλος, ο Κωστάκης ρωτάει αν υπάρχει κάτι που θα μπορούσε να ξεφύγει γύρω από την μαύρη τρύπα ή αν από τη στιγμή που κάτι βρίσκεται κοντά της είναι καταδικασμένο να πέσει μέσα της.

Με αφορμή λοιπόν αυτές τις ερωτήσεις, η κ. Μελίντα εξερευνά μαζί με τον Κωστάκη, την πραγματική φύση των μαύρων τρυπών. Σε αυτή την προσπάθεια, αναλύεται τι θα γινόταν στην περίπτωση που ξαφνικά ο ήλιος γινότανε μαύρη τρύπα, θα ρουφούσε τη Γη ή όχι και αν όχι γιατί; Έπειτα, γίνεται λόγος για το κατά πόσο υπάρχουν στη φύση στοιχεία που μπορούν να ξεφύγουν από τις μαύρες τρύπες. Τέλος, η συζήτηση καταλήγει στην ακτινοβολία Hawking, και πως σε ένα πιο θεωρητικό επίπεδο θα μπορούσε να υπάρχει «κάτι» που να μπορεί να ξεφύγει από τη μαύρη τρύπα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κύριος στόχος αυτής της εργασίας ήταν η δημιουργία ενός ανατρεπτικού κειμένου που να μπορεί να αξιοποιηθεί στη διδασκαλία της ενότητας της Β' Λυκείου. Για τον σκοπό αυτό, έγινε η βιβλιογραφική αναζήτηση για τον εντοπισμό των εναλλακτικών ιδεών σχετικά με την έννοια των μαύρων τρυπών και η καταγραφή της ιστορικής πορείας της έννοιας. Από την βιβλιογραφική ανασκόπηση φάνηκε ότι υπάρχουν ελάχιστες εργασίες που ασχολούνται με το θέμα, και ότι η έρευνα πάνω στο πεδίο αυτό είναι περιορισμένη. Παρόλα αυτά, εντοπίστηκαν δύο εναλλακτικές ιδέες για τις μαύρες τρύπες, οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν ότι είναι οι δημοφιλέστερες. Αυτές είναι ότι οι μαύρες τρύπες θα ρουφήξουν τα πάντα στο σύμπαν (Riggs, 2019), και ότι είναι «μαύρες» σε όλο το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (Pinochet, 2019).

Ο απώτερος στόχος του ανατρεπτικού κειμένου, το οποίο θα παρουσιαστεί αναλυτικά στο συνέδριο, είναι (ακολουθώντας τα τρία βήματα που αναφέρονται στην εισαγωγή) να αναδείξει τις δημοφιλέστερες εναλλακτικές ιδέες για τις μαύρες τρύπες, να προσπαθήσει να τις ανατρέψει θέτοντας κατάλληλα ερωτήματα και τέλος να δώσει ερμηνείες που είναι πιο κοντά στην επιστημονική άποψη.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Akiyama, K., Alberdi, A., Alef, W., Asada, K., Azulay, R., Bacsko, A. K., ... & Ramakrishnan, V. (2019). First M87 event horizon telescope results. IV. Imaging the central supermassive black hole. *The Astrophysical Journal Letters*, 875(1), L4. <https://doi.org/10.3847/2041-8213/ab0e85>
- Comins, N. F. (2001). *Heavenly errors: Misconceptions about the real nature of the universe*. Columbia University Press. <https://doi.org/10.7312/comi11644>
- Misner, C.W., Thorne, K.S., & Zurek, W.H. (2009). John Wheeler, relativity, and quantum information. *Physics Today*, 62(4), 40-46. <https://doi.org/10.1063/1.3120895>
- Pinochet, J. (2019). Five misconceptions about black holes. *Physics Education*, 54(5). <https://doi.org/10.1088/13616552/ab26c3>
- Riggs, P. J. (2019). Black holes: basic concepts and popular misconceptions. *Physics Education*, 54(6). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab3c86>
- Schroeder, N.L., & Kucera, A.C. (2022). Refutation text facilitates learning: A meta-analysis of between-subjects experiments. *Educational Psychology Review*, 34(2), 957-987. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09656-z>
- Thagard, P. (1993). *Conceptual revolutions*. Princeton University Press.
- Vosniadou, S. (2013). Reframing the classical approach to conceptual change: Preconceptions, misconceptions and synthetic models. In S. Vosniadou (Ed.) *International handbook of science education*, 2nd Edition (pp. 119-130). Springer. <https://doi.org/10.4324/9780203154472>