

# 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



Εισάγοντας την έννοια της βαρύτητας κατά τον Einstein στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση: Σύγκριση επιδόσεων ανάλογα με το φύλο των μαθητών

Γεωργία Βακάρου, Κωνσταντίνος Κώτσης

doi: [10.12681/codiste.5541](https://doi.org/10.12681/codiste.5541)

## ΕΙΣΑΓΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ ΤΟΝ EINSTEIN ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΦΥΛΟ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

Βακάρου Γεωργία<sup>1</sup>, Κώτσης Κωνσταντίνος<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Φυσικός, <sup>2</sup>Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Ιωαννίνων

[vakaroug@yahoo.com](mailto:vakaroug@yahoo.com)

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πιο πρόσφατη θεωρία που περιγράφει την έννοια της βαρύτητας είναι η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας που διατυπώθηκε από τον Albert Einstein. Η διδασκαλία αυτής της θεωρίας αγνοείται από τη σχολική πραγματικότητα. Η παρούσα έρευνα εξετάζει, μέσω ενός γραπτού ερωτηματολογίου, τις επιδόσεις 83 μαθητών/τριων της ΣΤ τάξης του Δημοτικού, πριν και μετά από μία διδακτική παρέμβαση που αφορά στην έννοια της βαρύτητας όπως αυτή διατυπώνεται στη Σύγχρονη Φυσική. Επιπλέον, γίνεται ανάλυση των αποτελεσμάτων ανάλογα με το φύλο των μαθητών. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν εννοιολογική κατανόηση και μη στατιστικά σημαντική διαφορά ανάλογα με το φύλο των μαθητών.

Λέξεις κλειδιά: Βαρύτητα κατά τον Einstein, Δημοτικό, Φύλο μαθητή

## TEACHING EINSTEINIAN GRAVITY IN PRIMARY EDUCATION: A GENDER – BASED ANALYSIS REGARDING STUDENTS SCORES

Georgia Vakarou<sup>1</sup>, Konstantinos Kotsis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Physicist, <sup>2</sup>Professor, University of Ioannina

[vakaroug@yahoo.com](mailto:vakaroug@yahoo.com)

### ABSTRACT

The most recent theory describing the concept of gravity is the General Theory of Relativity formulated by Albert Einstein. The teaching of this theory is ignored by school reality. This research examines, through a written questionnaire, the performance of 83 students of the sixth grade of Primary School, before and after a teaching intervention concerning the concept of gravity as it is formulated in modern physics. In addition, the results are analyzed according to students' gender. The results indicate conceptual understanding and a non-statistically significant difference depending on the students' gender.

Keywords: Einsteinian Gravity, Primary education, Gender of students

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η διατύπωση της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Albert Einstein αποτελεί πυλώνα για την εξέλιξη της επιστήμης της Φυσικής αλλά και για την τεχνολογική πρόοδο η οποία έχει αλλάξει ριζικά τη ζωή του σύγχρονου ανθρώπου. Πλήθος ερευνητών της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών αλλά και Φυσικοί έχουν προσπαθήσει να ελέγξουν αν οι θεωρίες του Einstein μπορούν να εισαχθούν σε νέους μαθητές/τριες, χωρίς το απαραίτητο μαθηματικό υπόβαθρο (Dua, Blair, Kaur & Choudhary, 2020).

Γενικότερα, όμως, η βαρύτητα είναι μια έννοια που συνοδεύεται από πληθώρα εναλλακτικών ιδεών. Ορισμένες από τις εναλλακτικές ιδέες που συναντώνται είναι ότι «Η βαρύτητα χρειάζεται αέρα για να υπάρξει», «Η βαρύτητα προκαλείται μόνο σε βαριά αντικείμενα» κ.α. (Kavanagh & Sneider, 2006).

Επιπλέον, η ισότητα των φύλων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών απασχολεί την εκπαιδευτική κοινότητα επί χρόνια. Η κοινή άποψη είναι ότι τα κορίτσια σε μεγάλο βαθμό δεν επιλέγουν την ενασχόληση με τις Φυσικές Επιστήμες και παρουσιάζουν χαμηλότερες επιδόσεις στα ανάλογα μαθήματα. Τα τελευταία χρόνια, έρευνες έχουν αποδείξει ότι και τα δύο φύλα επιτυγχάνουν εξίσου στις Φυσικές Επιστήμες, με το πρόβλημα του διαχωρισμού να συναντάται στις στάσεις απέναντι σε αυτές. Με άλλα λόγια, τα κορίτσια δεν δηλώνουν τόσο θετικές στην ενασχόληση με την Επιστήμη σε σύγκριση με τα αγόρια (Kaur et al., 2020).

Προφανώς, από τη διδασκαλία της Θεωρίας της Σχετικότητας είναι απαραίτητο να απουσιάζουν οι δύσκολες μαθηματικές εξισώσεις που τη συνοδεύουν. Ο λόγος είναι ότι στην υποχρεωτική εκπαίδευση, οι μαθητές/τριες δεν έχουν τελειοποιήσει τις μαθηματικές τους δεξιότητες. Προτείνεται, λοιπόν, μία περισσότερο ποιοτική εισαγωγή της γνώσης (Kersting, Toellner, Blair & Burman, 2020 · Olsen, 2002 · Postiglione & Angelis, 2021 · Velentzas & Halkia, 2013).

## **ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑΣ**

Η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας αποτελεί μια νέα θεωρία της βαρύτητας που ισχύει και σε επιταχυνόμενα συστήματα και αποτελεί θεμέλιο λίθο για τον μακρόκοσμο, την κοσμολογία αλλά και άλλους τομείς της Φυσικής (Cherepashchuk & Chernin, 2008 · Kersting et al., 2020). Σύμφωνα με αυτή, η βαρύτητα έχει γεωμετρική προσέγγιση αφού είναι η καμπύλωση του τετραδιάστατου οικοδομήματος του χωροχρόνου εξαιτίας της παρουσίας μαζών στο σύμπαν. Οι κανόνες της ευκλείδειας γεωμετρίας παύουν να ισχύουν στην περίπτωση του καμπυλωμένου χωροχρόνου (Cherepashchuk & Chernin, 2008 · Choudhary et al., 2018 · Dua et al., 2020 · Günther & Müller, 2020 · Kavanagh & Sneider, 2006 · Postiglione & Angelis, 2021). Η συγκεκριμένη θεωρία του Einstein είναι μία από τις σημαντικότερες θεωρίες που έχουν διατυπωθεί στη Σύγχρονη Φυσική.

Γενικότερα, τον τελευταίο αιώνα, η μελέτη της Σύγχρονης Φυσικής αποτελεί έναν πολύ ενεργό κλάδο διότι μέσω των νέων θεωριών άλλαξε ριζικά ο τρόπος θέασης του σύμπαντος (Kamphorst, Vollebregt, Savelsbergh & van Joolingen, 2023). Οι επιστήμονες στοχεύουν να ανακαλύψουν τα μυστικά του σύμπαντος – τα οποία φαίνεται να μπορούν να εξηγηθούν μόνο με βάση τη Φυσική του Einstein – αλλά και να προσδιορίσουν τυχόν περιορισμούς (Ehlers, 2007 · Greca & Freire, 2014).

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η μελέτη των αποτελεσμάτων της διδασκαλίας που αφορούσε στην βαρύτητα κατά τον Einstein και η σύγκριση των επιδόσεων των μαθητών/τριων ανάλογα με το φύλο. Συγκεκριμένα, τα ερευνητικά ερωτήματα ήταν τα εξής:

- 1) Τι ποσοστό των μαθητών δίνει ορθές απαντήσεις αναφορικά με τη βαρύτητα και το χωροχρόνο;
- 2) Υφίσταται διαφορά στο επίπεδο κατανόησης ανάλογα με το φύλο των μαθητών/τριων;

Το δείγμα των μαθητών/τριων που προέκυψε ήταν 83 μαθητές/τριες (38 κορίτσια και 45 αγόρια) της ΣΤ τάξης του Δημοτικού, που φοιτούσαν σε 3 διαφορετικά σχολεία του νομού Ιωαννίνων, Ελλάδα. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά το σχολικό έτος 2022 – 2023 με δια ζώσης διδακτική παρέμβαση σχετικά με την έννοια της βαρύτητας. Η πραγματοποίηση της διδασκαλίας βασίστηκε στην καθοδηγούμενη διερευνητική μάθηση κατά την οποία αξιοποιήθηκαν πειραματικές δραστηριότητες (Kavanagh & Sneider, 2006). Η διάρκεια της παρέμβασης ήταν 1 διδακτική ώρα. Τόσο πριν όσο και μετά το πέρας της παρέμβασης, οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν ένα γραπτό ερωτηματολόγιο, οι ερωτήσεις του οποίου προήλθαν από το ερωτηματολόγιο των Pablico (2010) και Postiglione & Angelis (2020) και ήταν πολλαπλής επιλογής.

Ως διδακτική τεχνική επιλέχθηκε η διδασκαλία με τη βοήθεια του μοντέλου του *προσομοιωτή του χωροχρόνου* (Kaur et al., 2017 · Forropoli et al., 2019). Κατά το μοντέλο αυτό, ο χωροχρόνος αναπαρίσταται από ένα ελαστικό ‘σεντόνι’ πάνω στο οποίο τοποθετούνται σώματα διαφορετικών μαζών με στόχο οι μαθητές/τριες να παρατηρήσουν τις κινήσεις τους.



Εικόνα 1: ο προσομοιωτής του χωροχρόνου

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει το ποσοστό των μαθητών που έδωσε τη σωστή απάντηση σε κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου. Τα ποσοστά αυτά διακρίνονται ανάλογα με το φύλο των μαθητών και το αν είχε προηγηθεί η διδακτική παρέμβαση ή όχι.

Πίνακας 1: Ποσοστό των μαθητών/τριων που απάντησε ορθά για κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου

	Πριν την παρέμβαση		Μετά την παρέμβαση	
	Κορίτσι (%)	Αγόρι (%)	Κορίτσι (%)	Αγόρι (%)
Q1) Υπάρχει βαρύτητα όταν στέκεσαι πάνω στη Γη;	84,2	80,0	100,0	97,8
Q2) Αν κάποιος πέσει από ένα αεροπλάνο, δέχεται βαρύτητα;	15,8	20,0	71,1	40,0
Q3) Αν κάποιος στέκεται στο φεγγάρι, δέχεται βαρύτητα;	13,2	26,7	76,3	62,2
Q4) Ένας άνθρωπος που κινείται κοντά σε δορυφόρο γύρω από τη Γη, δέχεται βαρύτητα;	15,8	26,7	44,7	37,8
Q5) Υπάρχει βαρύτητα όταν ένας άνθρωπος κολυμπάει κάτω από το νερό;	26,3	22,2	78,9	64,4
Q6) Τι είναι ο χωροχρόνος;	7,9	8,9	78,9	66,7
Q7) Τι πιστεύεις ότι μπορεί να παραμορφώσει το χωροχρόνο;	0,0	2,2	76,3	55,6

Στα πλαίσια των στατιστικών ελέγχων υποθέσεων υπολογίστηκε η μέση βαθμολογία (score) που συγκέντρωσε κάθε συμμετέχων στο ερωτηματολόγιο τόσο πριν όσο και μετά την παρέμβαση. Για την επιλογή των κατάλληλων στατιστικών ελέγχων έγινε, αρχικά, έλεγχος κανονικότητας των μεταβλητών του score οι οποίες ήταν συνεχής και εξαρτημένες. Ο έλεγχος έγινε με τη δημιουργία ιστογραμμάτων στο SPSS αλλά και με το test Kolmogorov-Smirnov. Εκ του αποτελέσματος προκύπτει ότι τα score πριν και μετά την παρέμβαση δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή ( $p < .05$ ). Επομένως, ελέγχθηκε με το μη παραμετρικό Wilcoxon signed ranks test για να διερευνηθεί αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις βαθμολογίες ανάλογα με το φύλο των μαθητών/τριων.



Ως μηδενική υπόθεση ελέγχου  $H_0$  θεωρήθηκε ότι μέση βαθμολογία των μαθητών Δημοτικού ήταν ίση με τη μέση βαθμολογία των μαθητριών Δημοτικού. Η ίδια υπόθεση ελέγχθηκε τόσο πριν όσο και μετά την παρέμβαση. Από το Wilcoxon test προκύπτει ότι  $p = 1,000$  ( $p > .05$ ) τόσο πριν όσο και μετά την παρέμβαση οπότε δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επιδόσεων των αγοριών και των κοριτσιών.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σε γενικά πλαίσια, τα χαμηλά ποσοστιαία αποτελέσματα των σωστών απαντήσεων πριν την παρέμβαση θεωρούνται αναμενόμενα διότι η βαρύτητα είναι ένα θέμα στο οποίο οι μαθητές/τριες παρουσιάζουν πληθώρα εναλλακτικών ιδεών, ενώ, ταυτόχρονα, κατά κοινή αποδοχή, τα παιδιά δεν διδάσκονται Σύγχρονη Φυσική ώστε να είναι εξοικειωμένοι με την έννοια του χωροχρόνου. Αντίθετα, μετά την παρέμβαση τα ποσοστά βελτιώθηκαν και οι συμμετέχοντες φάνηκε να κατανοούν την έννοια της βαρύτητας κατά τον Einstein. Επιπλέον, μελετήθηκε κατά πόσο οι επιδόσεις των μαθητών σχετίζονται με το φύλο, με τα αποτελέσματα να αποδεικνύουν ότι πριν αλλά και μετά την παρέμβαση δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Cherepashchuk, A.M. & Chernin, A.D. (2008). Modern cosmology: Facts and ideas. *Moscow University Physics Bulletin*, 63(5), 299–314. Doi: 10.3103/S0027134908050019
- Choudhary, R., Foppoli, A., Kaur, T., Blair, D., Zadnik, M. & Meagher, R. (2018). Can a short intervention focused on gravitational waves and quantum physics improve students' understanding and attitude?. *Physics Education*, 53, 065020. Doi: 10.1088/1361-6552/aae26a
- Dua, Y.S., Blair, D.G., Kaur, T. & Choudhary, R.K. (2020). Can Einstein's Theory of General Relativity be taught to Indonesian high school students?. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia – Indonesian Journal of Science Education*, 9(1), 50 – 58. Doi: 10.15294/jpii.v9i1.22468
- Ehlers, J. (2007). General Relativity Theory. In: Stamatescu, IO., Seiler, E. (eds) *Approaches to Fundamental Physics. Lecture Notes in Physics*, 721. Berlin, Heidelberg: Springer. Doi: 10.1007/978-3-540-71117-9\_5
- Foppoli, A., Choudhary, R., Blair, D., Kaur, T., Moschilla, J. & Zadnik, M. (2019). Public and teacher response to Einsteinian physics in schools. *Physics Education*, 54, 015001. Doi: 10.1088/1361-6552/aae4a4
- Günther, H. & Müller, V. (2020). *The Special Theory of Relativity: Einstein's World in New Axiomatics*. Singapore: Springer. Doi: 10.1007/978-981-13-7783-9
- Kamphorst, F., Vollebregt, M.J., Savelsbergh, E.R. & van Joolingen, W. R. (2023). An Educational Reconstruction of Special Relativity Theory for Secondary Education. *Science & Education*, 32, 57–100. Doi: 10.1007/s11191-021-00283-2
- Kaur, T., Blair, D., Choudhary, R. K., Dua, Y. S., Foppoli, A., Treagust, D. & Zadnik, M. (2020). Gender response to Einsteinian physics interventions in school. *Physics Education*, 55(3), 035029. Doi: 10.1088/1361-6552/ab764d
- Kaur, T., Blair, D., Moschilla, J., Stannard, W. & Zadnik, M. (2017). Teaching Einsteinian physics at schools: part 1, models and analogies for relativity. *Physics Education*, 52(6) 065012. Doi: 10.1088/1361-6552/aa83e4
- Kavanagh, C. & Sneider, C.I. (2006). Learning about Gravity II. Trajectories and Orbits: A Guide for Teachers and Curriculum Developers. *Astronomy Education Review*, 5(2), 53-102. Doi: 10.3847/AER2006019
- Kersting, M., Toellner, R., Blair, D. & Burman, R. (2020). Gravity and warped time—clarifying conceptual confusions in general relativity. *Physics Education*, 55(1) 015023. Doi: 10.1088/1361-6552/ab56d7
- Olsen, R.V. (2002) Introducing quantum mechanics in the upper secondary school: A study in Norway. *International Journal of Science Education*, 24(6), 565–574. Doi: 10.1080/09500690110073982
- Postiglione, A. & Angelis, I.D. (2021). Students' understanding of gravity using the rubber sheet analogy: an Italian experience. *Physics Education*, 56, 025020, (pp11). Doi: 10.1088/1361-6552/abd1c4
- Velentzas, A. & Halkia, K. (2013). The Use of Thought Experiments in Teaching Physics to Upper Secondary-Level Students: Two examples from the theory of relativity. *International Journal of Science Education*, 35(18), 3026-3049. Doi: 10.1080/09500693.2012.682182