

# Πανελλήνιο Συνέδριο Νέων Ερευνητών/τριών στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

(2024)

4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Νέων Ερευνητών και Ερευνητριών



## Τόμος Πρακτικών



**4<sup>ο</sup> Πανελλήνιο  
Συνέδριο Νέων  
Ερευνητών/τριών**

στη Διδακτική των  
Φυσικών Επιστημών  
& Νέων Τεχνολογιών  
στην Εκπαίδευση

16-18 Σεπτεμβρίου  
2022

**Εννοιολογική Αλλαγή στις Φυσικές Επιστήμες:  
Διερεύνηση της Επίδρασης Γνωστικών  
Μεταβλητών στη Συνεκτικότητα της Γνώσης των  
Παιδιών**

*Ελένη Κανελλιά, Δημήτριος Σταμοβλάσης*

doi: [10.12681/nrcodiste.5962](https://doi.org/10.12681/nrcodiste.5962)



ΔΗΜΟΚΡΕΙΤΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΡΑΚΗΣ

DEMOCRITUS  
UNIVERSITY  
OF THRACE

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής  
Εκπαίδευσης

Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών

## Εννοιολογική Αλλαγή στις Φυσικές Επιστήμες: Διερεύνηση της Επίδρασης Γνωστικών Μεταβλητών στη Συνεκτικότητα της Γνώσης των Παιδιών

Ελένη Κανελλιά<sup>1</sup>, Δημήτριος Σταμοβλάσης<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Υποψήφια Διδάκτωρ, <sup>2</sup>Αναπληρωτής Καθηγητής

Τμήμα Φιλοσοφίας και Παιδαγωγικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,

### Περίληψη

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να συνεισφέρει στην κατανόηση της φύσης της γνώσης των παιδιών πριν υιοθετήσουν την επιστημονική άποψη. Συγκεκριμένα, θα διερευνηθεί εάν οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις για τα φυσικά φαινόμενα είναι συνεκτικές ή κατακερματισμένες, εάν η διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής αποτελεί γραμμική ή μη-γραμμική διαδικασία και σε ποιο βαθμό αυτή μπορεί να εξηγηθεί από την επίδραση γνωστικών μεταβλητών της Νεο-Πιαζέτιας Θεωρίας. Επιπλέον, θα εφαρμοστούν προχωρημένες μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης προκειμένου να αναδειχθούν ισχυρά επιστημονικά αποτελέσματα. Η παρούσα έρευνα αποτελεί μία καινοτόμο προσπάθεια, καθώς συμπεριλαμβάνει πιθανές προγνωστικές μεταβλητές και επανεξετάζει το συγκεκριμένο κρίσιμο ζήτημα με νέα μεθοδολογικά εργαλεία.

### Abstract

The purpose of this study is to contribute to the understanding of the nature of children's knowledge before adopting the scientific point of view. Specifically, it will be investigated whether pre-existing conceptions of physical phenomena are coherent or fragmented, whether the process of conceptual change is a linear or non-linear process, and to what extent it can be explained by the influence of cognitive variables in Neo-Piagetian Theory. In addition, advanced methods of statistical analysis will be applied in order to bring out strong scientific results. The present research is an innovative effort, as it includes possible prognostic variables and re-examines this critical issue with new methodological tools.

**Λέξεις κλειδιά:** εννοιολογική αλλαγή, Νεο-Πιαζέτια Θεωρία, προχωρημένοι μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης, συνεκτική και κατακερματισμένη γνώση

**Keywords:** conceptual change, Neo-Piagetian Theory, advanced methods of statistical analysis, coherent and fragmented knowledge

### 1. Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες, στην έρευνα αναφορικά με την κατανόηση των εννοιών των Φυσικών Επιστημών από τους μαθητές και τη φύση της γνώσης τους πριν την κατάκτηση της επιστημονικής άποψης, έχουν διατυπωθεί δύο κυρίαρχες θεωρητικές προοπτικές, οι οποίες, παρότι βρίσκονται σε πλήρη αντίθεση, υποστηρίζονται εξίσου από εμπειρικά δεδομένα. Η πρώτη αντιμετωπίζει τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις ως ενιαία *θεωρία πλαισίου* με επεξηγηματική ισχύ (Vosniadou, 1994), ενώ η δεύτερη ως ένα σύνολο ημι-ανεξάρτητων *τμημάτων γνώσης* (DiSessa, 1993). Δεδομένου ότι καθεμία από αυτές προσεγγίζει τη δομή και την ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης (δηλαδή τη διαδικασία που είναι γνωστή ως *εννοιολογική αλλαγή*) με διαφορετικό τρόπο, η διασαφήνιση του ζητήματος έχει μεγάλη θεωρητική σημασία και επηρεάζει ουσιαστικά τις προτεινόμενες διδακτικές προσεγγίσεις.

Στη συντριπτική πλειονότητα των σχετικών ερευνών, η ερμηνεία του φαινομένου της μάθησης επιχειρείται εξετάζοντας μόνο το μαθησιακό αποτέλεσμα, χωρίς να ενσωματώνονται ανεξάρτητες ψυχομετρικές μεταβλητές, οι οποίες είναι γνωστό από άλλες μελέτες ότι

διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην κατάκτηση της γνώσης (Efklides, 2008 · Metallidou & Platsidou, 2008). Η παρατήρηση αυτή είναι αξιοσημείωτη, καθώς η προσπάθεια συσχέτισης προβλεπτικών μεταβλητών με τη συνεκτικότητα της γνώσης θα διεύρυνε το πεδίο της εννοιολογικής αλλαγής, ώστε να επέλθει η θεωρητική συναίνεση. Παράλληλα, μια τέτοια μετατόπιση θα ενίσχυε την ανάπτυξη και την επίλυση των επιστημολογικών ζητημάτων που έχουν ανακύψει, παρέχοντας τη δυνατότητα εφαρμογής προχωρημένων στατιστικών μεθόδων για τον έλεγχο των σχετικών υποθέσεων (DiSessa, 2006 · 2013).

## 2. Θεωρητικό πλαίσιο

Στην παρούσα πρόταση υπάρχουν τρία βασικά θεωρητικά ερείσματα που καθοδηγούν την έρευνα και αναλύονται εκτενώς παρακάτω.

### *Συνεκτική ή Κατακερματισμένη γνώση*

Τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν επικρατήσει δύο ανταγωνιστικές θεωρητικές προοπτικές αναφορικά με τη φύση των ιδεών και αντιλήψεων των μαθητών πριν την κατάκτηση της επιστημονικής άποψης. Η πρώτη προσέγγιση αντιλαμβάνεται τις προϋπάρχουσες ιδέες ως δομές *συνεκτικές* και σταθερές και τις χαρακτηρίζει ως *παρόμοιες με θεωρία* (theory-like). Σύμφωνα με αυτή, οι μαθητές, με το πέρασμα των ετών, οικοδομούν ένα σύνολο εννοιολογικών δομών, οι οποίες χαρακτηρίζονται ρητά ως *συνεκτικά νοητικά μοντέλα* (coherent mental models) και συγκροτούν μία *θεωρία πλαισίου* (framework theory). Το σημαντικότερο στοιχείο της θεωρίας πλαισίου είναι ότι έχει επεξηγηματική ισχύ, καθώς αξιοποιείται από τα παιδιά με συνέπεια στην προσπάθεια ερμηνείας μίας ποικιλίας φαινομένων (Vosniadou & Brewer, 1992 · 1994).

Η εναλλακτική προοπτική υποστηρίζει πως οι αντιλήψεις των μαθητών για τα φυσικά φαινόμενα, μέχρι αυτοί να κατακτήσουν την επιστημονική άποψη, δεν είναι συνεκτικές και σταθερές, αλλά αποτελούνται από ανεξάρτητα τμήματα που οργανώνονται κατ' απαίτηση όποτε υπάρχει κάποια νοητική δοκιμασία. Οι υπέρμαχοι αυτής της θέσης χαρακτηρίζουν τις προϋπάρχουσες ιδέες των παιδιών ως *γνώση σε κομμάτια* (knowledge in pieces) ή *κατακερματισμένη γνώση* (fragmented knowledge) (DiSessa, 1993 · DiSessa et al., 2004). Σε αυτό το πλαίσιο, οι αντιλήψεις τους αντιμετωπίζονται ως ένα σύνολο ημιανεξάρτητων στοιχείων, τα οποία συνδυάζονται από το παιδί με διάφορους τρόπους, ώστε να απαντήσει στην εκάστοτε ερώτηση (Clark, 2006 · Özdemir & Clark, 2007).

### *Η Νεο-Πιαζέτεια Θεωρία στο πεδίο της εννοιολογικής αλλαγής*

Στην παρούσα έρευνα προτείνεται η υιοθέτηση της Νεο-Πιαζέτεια Θεωρίας (ΝΠΘ), που αποτελεί εξέλιξη της Θεωρίας του Piaget. Συγκεκριμένα, θα αξιοποιηθούν ορισμένες βασικές μεταβλητές όπως η Λογική Σκέψη, η Συγκλίνουσα/ Αποκλίνουσα Σκέψη και η Εξάρτηση/ Ανεξαρτησία από το Πεδίο.

Η *Λογική Σκέψη* ή *Τυπική Συλλογιστική* αναφέρεται στην ικανότητα του ατόμου να χρησιμοποιεί λογική που αντιστοιχεί κυρίως στο στάδιο των τυπικών ή αφηρημένων συλλογισμών (Lawson, 1978 · 1985). Η *Συγκλίνουσα/ Αποκλίνουσα Σκέψη* είναι ένα γνωστικό ύψος που διαφοροποιεί κάποιες διαστάσεις της νοημοσύνης (Child & Smithers, 1973). Η *Εξάρτηση/ Ανεξαρτησία από το Πεδίο* είναι ένα ακόμη γνωστικό ύψος και σχετίζεται με την ικανότητα ενός ατόμου να εντοπίζει μια σχετική πληροφορία μέσα σε ένα πολύπλοκο πλαίσιο (Witkin & Goodenough, 1981). Σημαντικός αριθμός ερευνών έχει αναδείξει τη συσχέτισή τους με την επίδοση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες (π.χ. Kyraios et al., 2014 · Lawson & Thompson, 1988).

### *Η μη-γραμμική δυναμική στο πεδίο της εννοιολογικής αλλαγής*

Η διευκρίνιση της φύσης της εννοιολογικής αλλαγής (δηλαδή εάν αυτή είναι μια συνεχής, με γραμμικό τρόπο, εξέλιξη διαμέσου διακριτών σταδίων ή μπορεί να εμπεριέχει και ασυνεχείς,

μη-γραμμικές, μεταβολές) είναι άμεσα συνυφασμένη με την αναζήτηση της φύσης της γνώσης και, κατά συνέπεια, με την υπόθεση των συνεκτικών νοητικών μοντέλων. Σύμφωνα με την προσέγγιση των νοητικών μοντέλων, η μετάβαση από το ένα νοητικό μοντέλο στο επόμενο αντιμετωπίζεται ως γραμμική, ομαλή, προοδευτική-βηματική αλλαγή (Vosniadou & Brewer, 1992). Αντιθέτως, η προοπτική της κατακερματισμένης γνώσης (DiSessa, 1993) αφήνει περιθώρια για την ανάδυση της κατανόησης μέσω της αλληλεπίδρασης κάποιων αρχετυπικών στοιχείων (p-prims) με μη-γραμμικό τρόπο. Ωστόσο, και για τις δύο θεωρητικές παραδοχές δεν υπάρχει έως τώρα καμιά σχετική εμπειρική μαρτυρία.

Στην παρούσα εργασία, θα εξεταστεί το φαινόμενο της εννοιολογικής αλλαγής στην έννοια της Δύναμης διότι οι προηγούμενες σχετικές έρευνες του πεδίου έχουν οδηγηθεί σε αντιφατικά αποτελέσματα (DiSessa et al., 2004 · Ioannides & Vosniadou, 2002 · Stamonvlasis et al., 2013 · Vaioroulou et al., 2017).

### 3. Μεθοδολογία

Στην παρούσα έρευνα θα συλλεχθούν δεδομένα για την εννοιολογική αλλαγή κυρίως μέσω κλειστών ερωτηματολογίων. Για την έννοια της Δύναμης θα αξιοποιηθεί, το Force-RQ (Force Representations Questionnaire), ένα ερωτηματολόγιο πολλαπλής επιλογής, το οποίο περιλαμβάνει 10 ερωτήσεις και 4 προδιατυπωμένες απαντήσεις, κάθε ερώτηση συνοδεύεται από μια επεξηγηματική εικόνα και αναφέρεται σε διάφορες καταστάσεις της Δύναμης. Για τον έλεγχο ορισμένων επιπλέον ερωτημάτων, θα χρησιμοποιηθεί το Force-RoQ (Force Representations open Questionnaire), το οποίο αποτελείται από τα ίδια ακριβώς ερωτήματα με το κλειστό ερωτηματολόγιο, αλλά τα παιδιά μπορούν να αιτιολογήσουν την άποψή τους με ανοιχτού τύπου γραπτή απάντηση. Τέλος, για τις γνωστικές μεταβλητές θα χρησιμοποιηθούν τα αντίστοιχα ψυχομετρικά τεστ. Πιο συγκεκριμένα, η Λογική Σκέψη θα μετρηθεί με το γραπτό τεστ του Lawson (1978), ο βαθμός Εξάρτησης/ Ανεξαρτησίας από το Πεδίο θα αξιολογηθεί μέσω του τεστ των Witkin et al. (1971) και η επίδοση στην Αποκλίνουσα Σκέψη θα μετρηθεί με το τεστ του Bahar (1999).

#### *Η ανάλυση των εμπειρικών δεδομένων*

Μια κατάλληλη μέθοδος για την ανάλυση των δεδομένων είναι η *Ανάλυση Λανθανουσών Τάξεων* (Latent Class Analysis – LCA). Η LCA είναι μία προχωρημένη πολυμεταβλητή μέθοδος, η οποία χρησιμοποιεί Bayesian στατιστική και είναι σε θέση να εντοπίσει διακριτές ομάδες (clusters) ατόμων με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (προφίλ). Η LCA έχει ήδη χρησιμοποιηθεί στην έρευνα για τα νοητικά μοντέλα των παιδιών και τα πρώτα ευρήματα είναι πολύ ενδιαφέροντα (Pluess et al., 2018 · Schneider & Hardy, 2013 · Stamonvlasis et al., 2013), ενώ η δυνατότητα να συμπεριληφθούν εξωτερικές μεταβλητές (ως ανεξάρτητες ή εξαρτημένες) την καθιστά πολύτιμο εργαλείο σε αυτό το πεδίο.

Επιπλέον, θα πραγματοποιηθεί ποιοτική ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων από ανοιχτού τύπου ερωτήσεις, οι οποίες θα κατηγοριοποιηθούν με το λογισμικό ποιοτικής ανάλυσης Atlas.ti 7.5. Τέλος, για την υπόθεση που σχετίζεται με τη γραμμική ή μη-γραμμική αλλαγή των νοητικών αναπαραστάσεων, ο εμπειρικός έλεγχος για ασυνεχείς μεταβολές θα πραγματοποιηθεί με στατιστικά μοντέλα της Θεωρίας Καταστροφών.

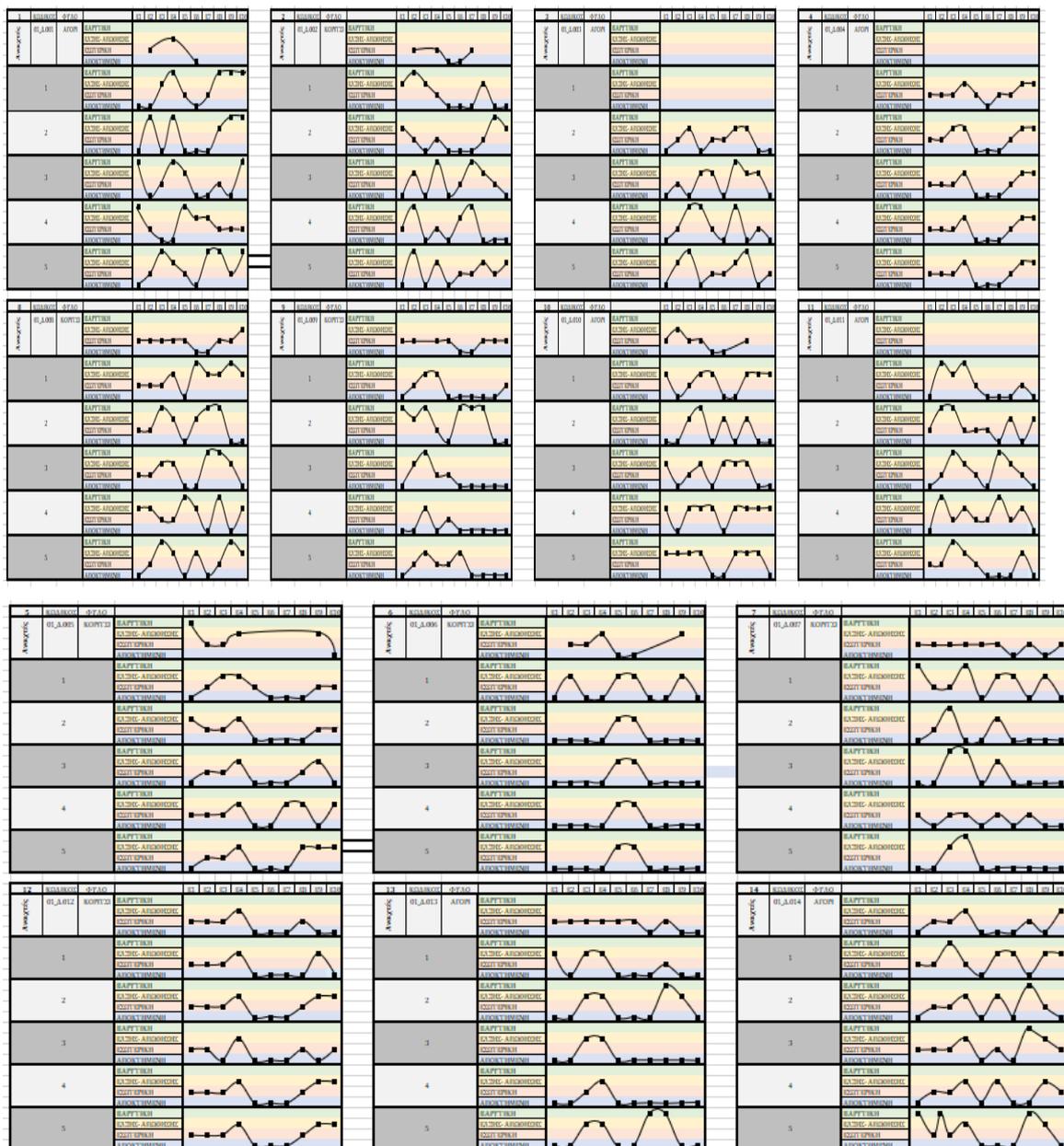
Τα αναμενόμενα αποτελέσματα έχουν σημαντική θεωρητική συνεισφορά, η οποία περαιτέρω θα στηρίξει την ανάπτυξη των διδακτικών πρακτικών στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών.

### 4. Προκαταρκτικά αποτελέσματα

Για να εξεταστεί η συνέπεια των μοτίβων των απαντήσεων πραγματοποιήθηκε μια πιλοτική έρευνα, η οποία στόχευε και στον εντοπισμό της συνέπειας στον χρόνο. Συγκεκριμένα, χορηγήθηκε το Force-RQ σε ένα μικρό δείγμα 14 μαθητών (Δ' Δημοτικού) πέντε φορές με

χρονική απόσταση μίας εβδομάδας. Την πρώτη φορά συμπλήρωσαν και το Force-RoQ. Θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι δεν πρόκειται για την εφαρμογή ενός αυστηρά οργανωμένου πειραματικού σχεδιασμού, αλλά για μία αρχική καταγραφή επαναληπτικών μετρήσεων στο πεδίο των νοητικών μοντέλων, καθώς θα μπορούσε να οδηγήσει σε ορισμένα ενδιαφέροντα ευρήματα.

Όπως φαίνεται από το Διάγραμμα 1, δεν παρουσιάζονται απαντήσεις πλήρως συνεπείς ως προς κάποιο υποθετικό νοητικό μοντέλο, αλλά ούτε και ως προς το επιστημονικό. Ορισμένες αξιοσημείωτες ενδείξεις που προκύπτουν από την παρατήρηση του Διαγράμματος είναι ότι οι απαντήσεις των παιδιών 4 και 12 ταλαντώνονται συστηματικά μεταξύ τριών μοντέλων και του παιδιού 6 μεταξύ δύο μοντέλων, ωστόσο, είναι πολύ ενδιαφέρον ότι στα υπόλοιπα παιδιά τα μοτίβα των απαντήσεων είναι εντελώς διαφορετικά, με αποτέλεσμα να μην εντοπίζονται συνεκτικά νοητικά μοντέλα. Οι ενδείξεις αυτές δεν συνηγορούν στην ύπαρξη σταθερών και συνεκτικών γνωστικών δομών που συμπεριφέρονται γενικά με συνέπεια και ειδικά στον χρόνο.



Διάγραμμα 1: Δύναμη - Συνέπεια απαντήσεων στο χρόνο

## 5. Βιβλιογραφία

- Bahar, M. (1999). *Investigation of biology students' cognitive structure through word association tests, mind maps and structural communication grids*. University of Glasgow.
- Child, D., & Smithers, A. (1973). An attempted validation of the Joyce-Hudson scale of convergence and divergence. *British Journal of Educational Psychology*, 43(1), 57–62.  
<https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.1973.tb00738.x>
- Clark, D. B. (2006). Longitudinal Conceptual Change in Students' Understanding of Thermal Equilibrium: An Examination of the Process of Conceptual Restructuring. *Cognition and Instruction*, 24(4), 467–563. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci2404\\_3](https://doi.org/10.1207/s1532690xci2404_3)
- DiSessa, A. A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*, 10(2–3), 105–225. <https://doi.org/10.1080/07370008.1985.9649008>
- DiSessa, A. A. (2006). A History of Conceptual Change Research: Threads and fault lines. Στο R. K. Sawyer (Επιμ.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (σ. 88–108). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.007>
- DiSessa, A. A. (2013). A Bird's-Eye View of the “Pieces” vs. “Coherence” Controversy (from the “Pieces” side of the Fence). Στο S. Vosniadou (Επιμ.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (σ. 31–48). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203154472.ch2>
- DiSessa, A. A., Gillespie, N. M., & Esterly, J. B. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science*, 28(6), 843–900.  
<https://doi.org/10.1016/j.cogsci.2004.05.003>
- Efklides, A. (2008). Metacognition. *European Psychologist*, 13(4), 277–287.  
<https://doi.org/10.1027/1016-9040.13.4.277>
- Ioannides, C., & Vosniadou, S. (2002). The Changing Meanings of Force. *Cognitive Science Quarterly*, 2(1), 5–61.
- Kypraios, N., Papageorgiou, G., & Stamovlasis, D. (2014). The Role of Some Individual Differences in Understanding Chemical Changes: A Study in Secondary Education. *International Journal of Environmental and Science Education*, 9(4), 413–427.
- Lawson, A. E. (1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(1), 11–24. <https://doi.org/10.1002/tea.3660150103>
- Lawson, A. E. (1985). A review of research on formal reasoning and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(7), 569–617. <https://doi.org/10.1002/tea.3660220702>
- Lawson, A. E., & Thompson, L. D. (1988). Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(9), 733–746.  
<https://doi.org/10.1002/tea.3660250904>
- Metallidou, P., & Platsidou, M. (2008). Kolb's Learning Style Inventory-1985: Validity issues and relations with metacognitive knowledge about problem-solving strategies. *Learning and Individual Differences*, 18(1), 114–119. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2007.11.001>
- Özdemir, G., & Clark, D. B. (2007). An overview of conceptual change theories. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 3(4), 351–361.  
<https://doi.org/10.12973/ejmste/75414>
- Pluess, M., Assary, E., Lionetti, F., Lester, K. J., Krapohl, E., Aron, E. N., & Aron, A. (2018). Environmental sensitivity in children: Development of the Highly Sensitive Child Scale and identification of sensitivity groups. *Developmental Psychology*, 54(1), 51–70.  
<https://doi.org/10.1037/dev0000406>
- Schneider, M., & Hardy, I. (2013). Profiles of inconsistent knowledge in children's pathways of conceptual change. *Developmental Psychology*, 49(9), 1639–1649.  
<https://doi.org/10.1037/a0030976>

- Stamovlasis, D., Papageorgiou, G., & Tsitsipis, G. (2013). The coherent versus fragmented knowledge hypotheses for the structure of matter: an investigation with a robust statistical methodology. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 485–495. <https://doi.org/10.1039/C3RP00042G>
- Vaiopoulou, J., Stamovlasis, D., & Papageorgiou, G. (2017). New Perspectives for Theory Development in Science Education: Rethinking Mental Models of Force in Primary School. Στο R. V Nata (Επιμ.), *Progress in Education*, Vol. 47 (σ. 1–16). Nova Science Publishers, Inc
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45–69. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90018-3)
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24(4), 535–585. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(92\)90018-W](https://doi.org/10.1016/0010-0285(92)90018-W)
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental Models of the Day / Night Cycle. *Cognitive Science*, 18(1), 123–183. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog1801\\_4](https://doi.org/10.1207/s15516709cog1801_4)
- Witkin, H. A., & Goodenough, D. R. (1981). Cognitive styles: essence and origins. Field dependence and field independence. *Psychological issues*, 51, 1-141. International University Press.
- Witkin, H. A, Oltman, P. K., Raskin, E., & Karp, S. A. (1971). *Embedded figures test, children's embedded figures test, group embedded figures test: Manual*. Consulting Psychologists Press.