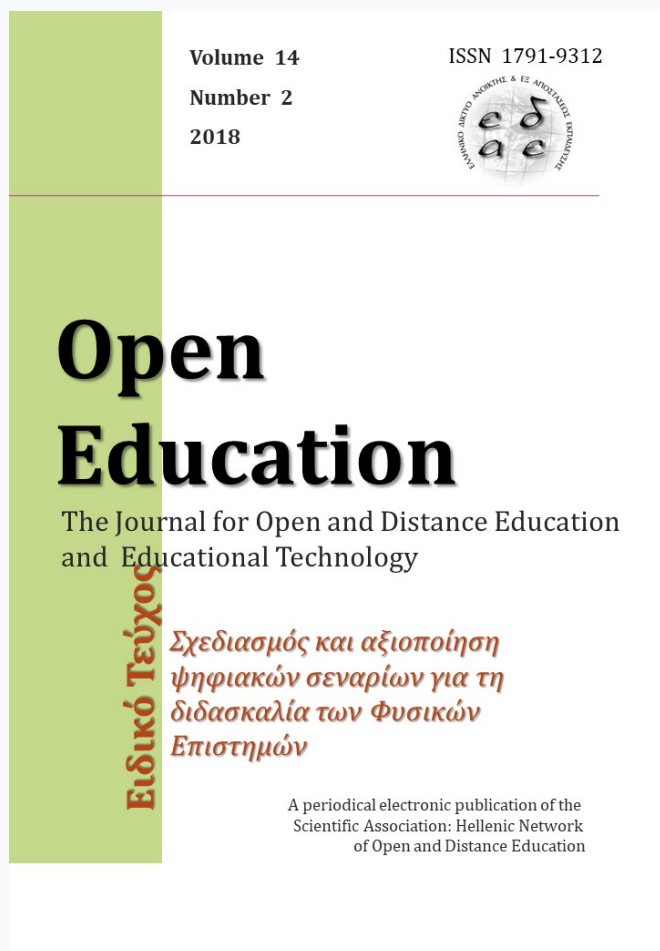


Ανοικτή Εκπαίδευση: το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία

Τόμ. 14, Αρ. 2 (2018)

Σχεδιασμός και αξιοποίηση ψηφιακών σεναρίων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών



Διδασκαλία της έννοιας της ύλης στο δημοτικό σχολείο με αξιοποίηση του εκπαιδευτικού προτύπου του μικρόκοσμου

Ουρανία Γκικοπούλου

doi: [10.12681/jode.19003](https://doi.org/10.12681/jode.19003)

Βιβλιογραφική αναφορά:

**Διδασκαλία της έννοιας της ύλης στο δημοτικό σχολείο με αξιοποίηση
του εκπαιδευτικού προτύπου του μικρόκοσμου**

**Teaching of the concept of matter in primary school with
the educational model of microcosm**

Δρ. Ουρανία Χρήστου Γκικοπούλου
Εκπαιδευτικός ΠΕ70, Μεταδιδάκτωρ ΕΚΠΑ
gikopoulou@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5978-3842>

Summary

Many studies have shown that students face considerable difficulties in understanding the concept of matter and its physical changes. For example, they consider that air is not a physical body and that has no weight, they consider matter continuous, particle ideas appear later, but often are not in accordance with the scientific ones etc. We believe that these difficulties are due to the fact that students form initial explanations of matter that differ from the corresponding scientific ones. According to the framework theory proposed by Vosniadou and her colleagues and based on relevant studies (Vosniadou & Brewer, 1992, 1994; Vosniadou & Mason, 2012; Vosniadou, Vamvakousi & Skopeliti, 2008), students find it difficult to understand some concepts because they violate principles of their naïve theories, which are formed by their everyday experiences. These naïve theories have internal consistency and provide explanations for the phenomena, but differ significantly from the corresponding scientific ones. This is the reason why they can be an obstacle in the process of learning. When students are exposed to the scientific explanations, they try to incorporate the new information into their own explanatory frameworks, but this incompatibility can lead to inconsistency or misunderstanding. The understanding of the scientific concepts requires the reconstruction of students' ideas.

The model of microcosm is a valuable tool for understanding these concepts and interpreting the macroscopic phenomena. The particulate theory of matter is one of the most important modern theories, providing accurate explanations for matter and phenomena. However, even high school students have misunderstandings about the nature of particles. For example, many students do not understand particles as the basic components of matter, but as something within matter, they see them as embedded in the material (Andersson, 1990; Lee et al., 1993; Nussbaum, 1985). This is a strong misconception that is usually reinforced by the naïve realism of the students that leads them to assume that things are as they appear to be. Another difficulty for students is their commitment at the macroscopic level and at the macroscopic properties of material bodies: solids and liquids that are visible and tangible form the ontological category of matter, while gases are something else, usually more closely related to heat and electricity than with matter (Carey, 1991).

Another factor that influences the process of learning is students' epistemic beliefs, namely their beliefs, about how knowledge is constructed and evaluated, about the process of knowing. Several studies have shown that students' epistemic beliefs are related to the conceptual change in physics (Stathopoulou & Vosniadou, 2007), because only students with high-level epistemic beliefs achieved a profound understanding of the concepts of physics.

In this scenario we apply a didactic intervention designed to promote the process of conceptual change for matter, i.e. to help students move from their based-on-the-senses perceptions of matter to the more abstract concepts of the scientific theory, utilizing a variety of resources, both material and digital, including the educational model of microcosm. A basic element of the scenario is that it takes into consideration students' perceptions of matter and the obstacles posed by their limitations, while the introduction of the particulate theory of matter is attempted by appropriate simulations. All the available material and digital resources are best harnessed by compiling an educational digital scenario based on the scientific / educational methodology by inquiry. Therefore the scenario incorporates tasks dealing with less obvious cases of matter (e.g. invisible objects), other ways of perception of matter (e.g. special tools, simulations), analogies introducing the idea of particulate nature of matter, etc. The scenario also takes into consideration that most elementary school students do not have the necessary epistemological knowledge to combine what they perceive with their senses (e.g. solids and liquids seem to be continuous) with some of the basic principles of particle theory (matter consists of particles, etc.). That is why the scenario includes tasks that will help students overcome their belief that "things are as they appear to be" and tasks related to the uncertainty of knowledge.

With regard to the model of microcosm, the scenario incorporates appropriate simulations adapted to the cognitive, deductive and synthetic abilities of students, but without over-simplifications that usually create more misunderstandings. These simulations were created in the Laboratory of Sciences, Technology and Environment of the University of Athens (Kalkanis, 2013; <http://micro-kosmos.uoa.gr/gr/software/prosomoioseis.htm>) and take into account students' misconceptions so that they do not reinforce them, therefore black background is used and particles are in constant motion. Previous attempts to exploit the model of microcosm (Papageorgiou & Johnson, 2005; Yezierski & Birk, 2006; Papageorgiou et al., 2010; Gikopoulou R. & Vosniadou S. 2012; Gikopoulou 2013) showed that even students of primary schools are able to exploit this model for the interpretation of macroscopic phenomena.

Concerning the methodology, the scenario is structured on the basis of the scientific / educational methodology by inquiry, which is a pedagogical approach to the historically recognized scientific research method (Kalkanis, 2007). From a pedagogical point of view, this approach presents a comparative advantage to other traditional methods as it contributes substantially to the development of strong cognitive, metacognitive, communicative and scientific skills (Hu et al., 2008; Sun et al., 2014). Several studies highlight that Information and Communication Technologies are effective teaching and learning tools that enhance the introduction of the scientific inquiry (Papadakis, 2016; Kalogiannakis 2017). This methodology

consists of five steps: a) trigger of interest, b) hypotheses (about the causes of the phenomenon being studied), c) experimentation, d) conclusions (based on the experimentation) and e) applications, explanations.

The proposed scenario exploits a variety of material and digital resources by attempting a systematic effort to avoid limiting the student to simple passive observing situations. In particular, it involves performing real experiments with simple materials, but also exploiting many digital resources such as: interactive whiteboard, instructional texts, static images, animations, word clouds, conceptual maps, educational videos, videos with successive enlargements of objects, analogies for the introduction of the idea of the particulate nature of matter, simulations of microcosm etc. Students work on the basis of the worksheets created for the scenario and there are also the corresponding (completed) worksheets for the teacher. The scenario is designed for primary school students of 5th grade and its implementation includes three activities for 2 hours each, covering all the steps of the scientific / educational methodology utilizing all the above-mentioned material and digital resources. Students divided into groups of 3-4 work in the computer lab, where the interactive whiteboard is.

The practical implementation of the scenario to 16 pupils of the 5th grade (10-11 years old) showed that it affected positively both students' perceptions of matter and their epistemic beliefs (Gikopoulou, 2017), supporting the view that the microscopic approach of matter helps students approach the macroscopic concepts. More analytically, students began to realize that things are not always as they appear to be and begin to accept the idea of the invisible particles consisting matter. They were able to distinguish material bodies from non-materials based on their properties and classify them based on their physical state in solids, liquids and gases. All students also participated with enthusiasm in the discussions and the experiments, but also in the use of the interactive whiteboard.

Students' progress is also evident in their sketches when asked to design the interior of a solid, a liquid and a gas before and after the scenario was applied. Moreover, the digital scenario increased students' interest and their active participation in the educational process. Apart from the experiments, students liked the creation of word clouds, the videos with objects enlargement and the tools we use to "see" something (e.g. telescopes, microscopes, radar, radiographs, etc.), the analogies as well as the simulations. With regard to conceptual maps, most students said they found them very useful, especially when they returned to them to check or correct them, because they could identify their mistakes themselves. This observation is in agreement with the findings of relevant studies that suggest that conceptual maps can be used as a tool for exploring students prior knowledge, exploring students' representations on a particular subject, conceptual change and problem solving (Gouli et al., 2006).

To sum up, our results are in agreement with other researchers who argue that the use of digital tools allows children to acquire a different learning experience, highlighting their high levels of involvement, helping to promote collaboration and skills development and helping students to understand scientific concepts (Kalogiannakis and Papadakis, 2017). Educational digital scenarios can play a role as cognitive tools, support inquiry based learning situations, promote problem-solving, decision-making and critical thinking, promoting high-level cognitive skills.

Περίληψη

Πολλές έρευνες έχουν δείξει ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν την έννοια της ύλης και τις φυσικές μεταβολές της. Θεωρούμε ότι οι δυσκολίες αυτές οφείλονται στο γεγονός ότι έχουν διαμορφώσει αρχικές ερμηνείες για την ύλη που διαφέρουν από τις αντίστοιχες επιστημονικές. Το πρότυπο του μικρόκοσμου είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για την κατανόηση των εννοιών αυτών και την ερμηνεία των μακροσκοπικών φαινομένων. Στο παρόν σενάριο εφαρμόζουμε μια διδακτική παρέμβαση που σκοπό έχει να βοηθήσει τους μαθητές να μεταβούν από τις βασιζόμενες στις αισθήσεις αντιλήψεις τους για την ύλη στις πιο αφηρημένες έννοιες της επιστημονικής θεωρίας, αξιοποιώντας μια σειρά από πόρους, συμπεριλαμβανομένου και του εκπαιδευτικού προτύπου του μικρόκοσμου. Βασικό στοιχείο του σεναρίου για μαθητές της Ε' Δημοτικού είναι ότι λαμβάνει υπόψη του τις αντιλήψεις των μαθητών για την ύλη, ενώ η εισαγωγή της σωματιδιακής θεωρίας γίνεται με τη βοήθεια προσομοιώσεων του μοντέλου του μικρόκοσμου. Επίσης, αξιοποιούνται όλοι οι διαθέσιμοι υλικοί και ψηφιακοί πόροι συνθέτοντας ένα εκπαιδευτικό ψηφιακό σενάριο που βασίζεται στην επιστημονική/εκπαιδευτική μεθοδολογία με διερεύνηση. Η εφαρμογή του σεναρίου έδειξε ότι επηρέασε θετικά τις αντιλήψεις των μαθητών για την ύλη, υποστηρίζοντας και την άποψη ότι η μικροσκοπική προσέγγιση της ύλης τους βοηθά να προσεγγίσουν καλύτερα τις μακροσκοπικές έννοιες.

Λέξεις/έννοιες-κλειδιά

Θεωρία για την ύλη, δυσκολίες μαθητών, πρότυπο μικρόκοσμου, προσομοιώσεις, ψηφιακό σενάριο, επιστημονική / εκπαιδευτική μεθοδολογία με διερεύνηση.

Εισαγωγή

Πληθώρα μελετών στον χώρο των φυσικών επιστημών έχει δείξει ότι οι μαθητές, τόσο της πρωτοβάθμιας όσο και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες στην κατανόηση της έννοιας της ύλης και των επιστημονικών εξηγήσεων για τις φυσικές μεταβολές της (Piaget & Inhelder, 1974; Smith, Carey & Wiser, 1985; Griffiths & Preston, 1992; Lee, Eichinger, Anderson, Berkheimer & Blakeslee, 1993; Driver, Guesne & Tiberghien, 1994; Nakhleh & Samarapungavan, 1999; Wiser & Smith, 2012a). Για παράδειγμα θεωρούν ότι ο αέρας δεν είναι υλικό σώμα και ότι δεν έχει βάρος, θεωρούν την ύλη ομογενή και συνεχή, οι σωματιδιακές ιδέες εμφανίζονται σε μεγαλύτερους μαθητές, αλλά συχνά δεν είναι σύμφωνες με τις επιστημονικές, δυσκολεύονται να κατανοήσουν τη σωματιδιακή κατάσταση της ύλης, ενώ μεγάλη δυσκολία συναντούν και στην κατανόηση της έννοιας του κενού, της αέναης κίνησης των σωματιδίων και της αλληλεπίδρασης μεταξύ τους.

Θεωρούμε ότι οι δυσκολίες αυτές οφείλονται στο γεγονός ότι οι μαθητές διαμορφώνουν αρχικές ερμηνείες για την ύλη, οι οποίες διαφέρουν από τις αντίστοιχες επιστημονικές. Όροι όπως «alternative conceptions», «commonsense knowledge», «mental representations», «alternative frameworks», «children's science», «schemes of thought», «misconceptions», «private science» κτλ. έχουν τιτλοφορήσει κατά καιρούς

την ίδια ιδέα ότι οι μαθητές δεν έρχονται στο μάθημα των φυσικών επιστημών χωρίς άποψη για τα φαινόμενα που θα μελετηθούν.

Σύμφωνα με τη θεωρία πλαισίου που έχει προταθεί από τη Βοσνιάδου και τους συνεργάτες της και όπως προκύπτει από σχετικές έρευνές τους (Vosniadou & Brewer, 1992, 1994; Vosniadou & Mason, 2012; Vosniadou, Vamvakousi & Skopeliti, 2008) οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν μερικές έννοιες γιατί παραβιάζουν πολλές από τις αρχές των αφελών θεωριών τους, οι οποίες διαμορφώνονται βάσει των καθημερινών εμπειριών τους. Οι αφελείς αυτές θεωρίες βασίζονται στην κοινή λογική και στηρίζονται στην αυθόρμητη παρατήρηση του καθημερινού περιγύρου, διαθέτουν εσωτερική συνοχή και παρέχουν τη δυνατότητα να δίνουν εξηγήσεις, διαφέρουν όμως αισθητά από τις αντίστοιχες επιστημονικές, γι' αυτό και μπορούν να αποτελέσουν εμπόδιο κατά τη διαδικασία της μάθησης (και) στον χώρο των φυσικών επιστημών. Όταν οι μαθητές εκτίθενται στις επιστημονικές εξηγήσεις προσπαθούν αρχικά να ενσωματώσουν τις νέες πληροφορίες στο δικό τους επεξηγηματικό πλαίσιο, όμως αυτή η ασυμβατότητα μπορεί να οδηγήσει σε ασυνέπεια ή στη δημιουργία παρανοήσεων. Η κατανόηση των επιστημονικών εννοιών απαιτεί την αναδόμηση των ιδεών των μαθητών, όμως οι ιδέες αυτές δεν αλλάζουν εύκολα, καθώς αποτελούν προσωπικό δημιουργήμα κάθε μαθητή και είναι αποτελεσματικές, επομένως ο μαθητής πρέπει να πειστεί ότι η νέα θεωρία είναι αποτελεσματικότερη από τη δική του.

Ειδικότερα, όσον αφορά στην έννοια της ύλης, σύμφωνα με το επεξηγηματικό πλαίσιο των μαθητών (Κουκά, 2000; Wisner & Smith, 2012a, 2012b) τα σώματα είναι συνεχή και η ταυτότητά τους (η οποία δεν αλλάζει) προσδιορίζεται από την εμφάνισή τους και τη φυσική τους κατάσταση. Αντίθετα, σύμφωνα με το επιστημονικό επεξηγηματικό πλαίσιο για την ύλη (Κουκά, 2000; Καλκάνης, 2007) τα φυσικά σώματα αποτελούνται από σωματίδια που βρίσκονται σε συνεχή κίνηση, τα φυσικά σώματα είναι δυνατόν να αλλάζουν ταυτότητα και η μετάβαση από τη μία φυσική κατάσταση στην άλλη εξηγείται με την αλλαγή των ελκτικών δυνάμεων ανάμεσα στα μόρια.

Οι δυσκολίες των μαθητών

Η επιστημονική σωματιδιακή θεωρία για την ύλη είναι μία από τις πιο σημαντικές σύγχρονες θεωρίες, που παρέχει ακριβείς εξηγήσεις για την ύλη και τα φαινόμενα. Ωστόσο, όπως επισημαίνουν και οι Wisner and Smith (2012b), ακόμη και οι μαθητές του λυκείου έχουν παρανοήσεις σχετικά με τη φύση των ατόμων και τη σωματιδιακή προσέγγιση των φαινομένων. Πολλοί μαθητές δεν αντιλαμβάνονται τα άτομα ως τα βασικά συστατικά της ύλης αλλά σαν κάτι μέσα στην ύλη, τα βλέπουν, δηλαδή, σαν ενσωματωμένα σε ένα υλικό υπόστρωμα (Andersson, 1990; Lee et al., 1993; Nussbaum, 1985). Αυτή είναι μια ισχυρή παρανόηση που συνήθως ισχυροποιείται από τον αφελή ρεαλισμό των μαθητών που τους οδηγεί να υποθέτουν ότι τα πράγματα είναι έτσι όπως φαίνονται. Η ύλη φαίνεται συνεχής, επομένως είναι συνεχής (Harrison & Treagust, 2002; Nakhleh & Samarapungavan, 1999).

Μια άλλη δυσκολία για τους μαθητές είναι η δέσμευσή τους στο μακροσκοπικό επίπεδο και στις μακροσκοπικές ιδιότητες των σωμάτων: τα στερεά και τα υγρά που είναι ορατά και απτά αποτελούν την οντολογική κατηγορία της ύλης, ενώ τα αέρια είναι κάτι άλλο, συνήθως πιο στενά συνδεδεμένα με τη θερμότητα και τον ηλεκτρισμό απ' ό,τι με την ύλη (Carey, 1991). Οι Wisner and Smith (2012b) επισημαίνουν ότι οι

μακροσκοπικές έννοιες των μαθητών για το βάρος και τον όγκο επηρεάζουν επίσης τις πεποιθήσεις τους για τα σωματίδια. Για πολλούς μαθητές το βάρος και ο όγκος είναι ιδιότητες μόνο των αντικειμένων που μπορούν να γίνουν αισθητά, αν λοιπόν τα άτομα δεν έχουν βάρος και όγκο επειδή είναι πολύ μικρά, τότε δεν μπορούν να είναι συστατικό στοιχείο της ύλης. Άλλοι μαθητές σκέφτονται τα σωματίδια ως ομοιογενή κομμάτια των μακροσκοπικών αντικειμένων στα οποία αποδίδουν μακροσκοπικές ιδιότητες πχ. είναι ζεστά, πιέζονται, υγροποιούνται κατά την τήξη, εξαφανίζονται κατά τη διάλυση κτλ. (Griffiths & Preston, 1992; Lee et al, 1993; Wiser, O'Connor & Higgins, 1995).

Ένας άλλος παράγοντας που επιδρά στη διαδικασία της μάθησης είναι οι επιστημικές πεποιθήσεις των μαθητών, δηλαδή οι πεποιθήσεις τους το πώς κατασκευάζεται και αξιολογείται η γνώση και για το πώς συμβαίνει η διαδικασία του γινώσκειν. Τα αποτελέσματα αρκετών ερευνών έχουν δείξει ότι οι επιστημικές πεποιθήσεις σχετίζονται με την εννοιολογική αλλαγή στη φυσική (Stathopoulou & Vosniadou, 2007), καθώς μόνο οι μαθητές με υψηλού επιπέδου επιστημικές πεποιθήσεις κατάφεραν μια βαθιά κατανόηση των εννοιών της φυσικής. Η Schommer (1990) υποστηρίζει επίσης ότι η πίστη στην απλή έναντι της σύνθετης γνώσης μπορεί να επηρεάσει τόσο την επιλογή των γνωστικών στρατηγικών από τους μαθητές κατά τη διαδικασία της μάθησης όσο και τα κριτήριά τους για την εκτίμηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων.

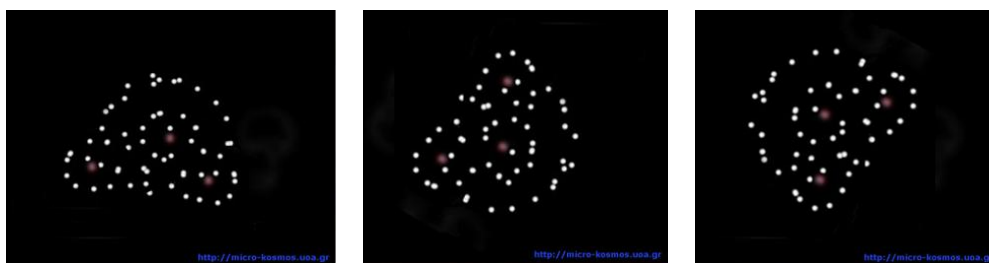
Η Πρόταση

Μία παρέμβαση που στοχεύει να προωθήσει τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής για την ύλη, να βοηθήσει δηλαδή τους μαθητές να μεταβούν από τις βασιζόμενες στις αισθήσεις έννοιες που χαρακτηρίζουν την αφελή θεωρία τους στις πιο αφηρημένες (και ποσοτικοποιημένες) έννοιες που χαρακτηρίζουν την επιστημονική σωματιδιακή θεωρία για την ύλη, θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη της όλους τους παράγοντες που φαίνεται να παίζουν ρόλο κατά τη μαθησιακή διαδικασία και να αξιοποιεί με τον καλύτερο τρόπο όλους τους διαθέσιμους υλικούς και ψηφιακούς πόρους συνθέτοντας ένα εκπαιδευτικό ψηφιακό σενάριο που βασίζεται στα βήματα της επιστημονικής / εκπαιδευτικής μεθοδολογίας με διερεύνηση. Ειδικότερα θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη της τις αντιλήψεις των μαθητών και να αναλύει τα βασικά σημεία που τους δυσκολεύουν να προσεγγίσουν τις αντίστοιχες επιστημονικές απόψεις (πχ. *μια οντότητα είναι ύλη αν μπορούμε να την αντιληφθούμε με τις αισθήσεις μας, επομένως τα στερεά και τα υγρά είναι ύλη, ενώ τα αέρια και τα μικρά σώματα δεν είναι ύλη κτλ*). Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται έργα που σχετίζονται και με λιγότερο εμφανείς περιπτώσεις της ύλης (πχ. μη ορατά αντικείμενα), άλλους τρόπους αντίληψης της ύλης (πχ. ειδικά εργαλεία, προσομοιώσεις), αναλογίες που εισάγουν την ιδέα της ύλης αποτελούμενης από σωματίδια κτλ.

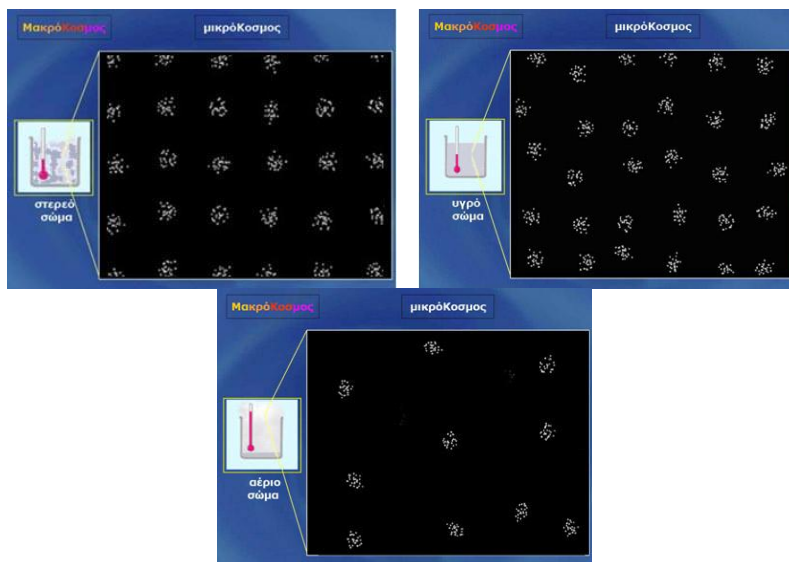
Το σενάριο θα πρέπει, επίσης, να λαμβάνει υπόψη ότι οι περισσότεροι μαθητές του δημοτικού δεν διαθέτουν την απαραίτητη επιστημολογική γνώση για να συνδυάσουν αυτά που αντιλαμβάνονται με τις αισθήσεις τους καθημερινά (π.χ. *τα στερεά και τα υγρά φαίνονται συνεχή*) με μερικές από τις αρχές της σωματιδιακής θεωρίας (*η ύλη αποτελείται από σωματίδια κτλ.*) και αυτό θέτει εμπόδια στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν τις επιστημονικές ερμηνείες για την ύλη και τις ιδιότητές της. Γι' αυτό

θα πρέπει στο σενάριο να περιλαμβάνονται έργα που θα βοηθήσουν τους μαθητές να ξεπεράσουν την πεποίθησή τους ότι «τα πράγματα είναι έτσι όπως φαίνονται» και έργα που σχετίζονται με την αναγκαιότητα του πειραματισμού για τον έλεγχο των υποθέσεων και την αβεβαιότητα της γνώσης.

Σημαντικό ρόλο για την επιτυχή ή όχι αξιοποίηση του σωματιδιακού μοντέλου κατά τη μαθησιακή διαδικασία παίζει ο τρόπος με τον οποίο εισάγεται, καθώς θα πρέπει να παρουσιάζονται στους μαθητές επαρκείς πληροφορίες αλλά χωρίς τη χρήση μαθηματικών και με τη βοήθεια κατάλληλων προσομοιώσεων προσαρμοσμένων στις νοητικές, αφαιρετικές και συνθετικές δυνατότητες των μαθητών, χωρίς όμως υπεραπλουστευτικές ανακρίβειες οι οποίες συνήθως δημιουργούν περισσότερες παρανοήσεις. Οι προσομοιώσεις που χρησιμοποιούμε διαθέτουν αυτά τα χαρακτηριστικά και έχουν δημιουργηθεί στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Αθηνών (Kalkanis, 2013, <http://micro-kosmos.uoa.gr/gr/software/prosomoioseis.htm>). Οι προσομοιώσεις αυτές λαμβάνουν υπόψη τους τις συχνές παρανοήσεις των μαθητών ώστε να μην τις ενισχύουν, γι' αυτό και χρησιμοποιείται μαύρο φόντο και τα σωματίδια βρίσκονται σε συνεχή κίνηση.



Στιγμιότυπα προσομοίωσης μορίου νερού



Στιγμιότυπα δυναμικών προσομοιώσεων των θέσεων και των κινήσεων των μορίων στερεού, υγρού και αερίου, με ταυτόχρονη μακροσκοπική απεικόνιση του σώματος

Προηγούμενες προσπάθειες αξιοποίησής του μοντέλου του μικρόκοσμου (Papageorgiou & Johnson, 2005; Yeziarski & Birk, 2006; Papageorgiou et al., 2010; Gikopoulou R. & Vosniadou S. 2012; Γκικοπούλου 2013) έδειξαν ότι ακόμη και οι μαθητές και του δημοτικού σχολείου είναι σε θέση να αξιοποιήσουν το μοντέλο αυτό για την ερμηνεία των μακροσκοπικών φαινομένων. Για την ομαλή εισαγωγή της ιδέας της ύλης ως αποτελούμενης από σωματίδια, σε προηγούμενη έρευνά μας (Γκικοπούλου, 2017), φάνηκε πολύ βοηθητική η αναλογία του σμήνους πουλιών, όπου οι μαθητές, μετά το σχετικό βίντεο, καλούνταν να πουν πώς φαίνεται από μακριά (σαν ένα ενιαίο σώμα που κινείται) και πώς φαίνεται αν πλησιάσουμε αρκετά κοντά (αποτελούμενο από πολλά μικρά πουλιά που κινούνται διαρκώς). Προτείνεται, επίσης, η εισαγωγή του μοντέλου του μικρόκοσμου να γίνεται σε συνδυασμό με την μακροσκοπική προσέγγιση, προκειμένου να συνδυάσουν οι μαθητές τις δύο θεωρήσεις και να προσεγγίσουν καλύτερα τις μελετώμενες έννοιες και φαινόμενα και να μην θεωρούν ότι αυτά που μαθαίνουν για τον μικρόκοσμο είναι διαφορετικά από τα υλικά σώματα γύρω μας.

Η Μεθοδολογία

Το σενάριο δομείται με βάση τα βήματα της επιστημονικής / εκπαιδευτικής μεθοδολογίας με διερεύνηση που αποτελεί μια παιδαγωγική προσέγγιση της ιστορικά καταξιωμένης επιστημονικής ερευνητικής μεθόδου, της ίδιας μεθόδου που ακολουθεί και ο επιστήμονας κατά την έρευνα του φυσικού κόσμου (Καλκάνης, 2007).

Αυτή η διερευνητική μεθοδολογία προωθεί τη διατύπωση υποθέσεων, τον σχεδιασμό ερευνών, την κριτική θεώρηση των πειραμάτων, την κατασκευή μοντέλων κτλ. (Lin et al., 2004). Από παιδαγωγικής σκοπιάς, η διδακτική αυτή προσέγγιση παρουσιάζει συγκριτικό πλεονέκτημα προς άλλες παραδοσιακές μεθόδους καθώς συντείνει ουσιαστικά στην ανάπτυξη και στην καλλιέργεια ισχυρών γνωστικών, μεταγνωστικών, επικοινωνιακών και επιστημονικών δεξιοτήτων (Hu et al., 2008; Sun et al., 2014).

Οι Καλογιαννάκης και Παπαδάκης (2017) επισημαίνουν ότι η εισαγωγή της επιστημονικής διερεύνησης αποτελεί μια από τις σημαντικότερες καινοτομίες στον χώρο των Φυσικών Επιστημών, καθώς παρέχει στα παιδιά αυθεντικές επιστημονικές εμπειρίες δίνοντας νόημα στη μάθηση και βελτιώνοντας την κατανόησή τους. Διάφορες έρευνες αναδεικνύουν τις Τεχνολογίες Πληροφόρησης και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) ως αποτελεσματικά εργαλεία διδασκαλίας και μάθησης που βοηθούν την εισαγωγή της επιστημονικής διερεύνησης (Papadakis, 2016; Καλογιαννάκης 2017). Τα ερευνητικά δεδομένα συγκλίνουν στο ότι οι ΤΠΕ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υποβοηθήσουν τη γνωστική ανάπτυξη και τη μάθηση παιδιών προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας (Κόμης, 2004, Καλογιαννάκης, 2017; Papadakis et al. 2016).

Η μεθοδολογία αυτή βοηθά αποτελεσματικότερα στην αντιμετώπιση των παραγόντων που δυσκολεύουν τους μαθητές, δηλαδή των αρχικών αντιλήψεων και των επιστημικών πεποιθήσεών τους, καθώς ενθαρρύνει την ενεργό συμμετοχή των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία, την εξοικείωσή τους με την επιστημονική έρευνα, τον πειραματισμό, τη σύνδεση των μελετώμενων φαινομένων με την

καθημερινή ζωή και την ερμηνεία τους (και με το πρότυπο του μικρόκοσμου), απαρτίζεται δε από τα εξής βήματα:

- α) Έναυσμα ενδιαφέροντος (για την πρόκληση του ενδιαφέροντος του μαθητή)
- β). Διατύπωση Υποθέσεων (για τον προβληματισμό και τη διατύπωση υποθέσεων για τα αίτια του μελετώμενου φαινομένου)
- γ) Πειραματισμός (για τον έλεγχο των υποθέσεων)
- δ) Διατύπωση Συμπερασμάτων (βάσει του πειραματισμού)
- ε) Εφαρμογές, Ερμηνεία (για την ερμηνεία και άλλων φαινομένων ή τεχνολογικών κατασκευών και με το πρότυπο του μικρόκοσμου)

Οι Υλικοί και Ψηφιακοί Πόροι

Ένα από τα πιο ουσιαστικά θέματα στο σχεδιασμό εκπαιδευτικών περιβαλλόντων εξ αποστάσεως εκπαίδευσης αποτελεί η διασφάλιση της ποιότητας μάθησης, καθώς δεν αρκεί μόνο η παρουσίαση του περιεχομένου, αλλά κυρίως οι ευκαιρίες που παρέχουν για αλληλεπίδραση και ενεργητική μάθηση. Απαιτεί καινοτόμες μορφές διδασκαλίας που δίνουν έμφαση στη συμμετοχή, συνεργασία και ενίσχυση του μαθητή σε μια διαδικασία συνεχούς αλληλεπίδρασης με τον διδάσκοντα και με το περιβάλλον μάθησης (Καλογιαννάκης, 2013). Για παράδειγμα, ένα εκπαιδευτικό βίντεο δεν αρκεί να μεταφέρει απλώς πλούσιες οπτικοακουστικές πληροφορίες αλλά πρέπει να δημιουργεί και αποτελεσματικές προϋποθέσεις αλληλεπίδρασης μεταξύ των βασικών παραγόντων της μαθησιακής διαδικασίας. Σύμφωνα με τους Anderson et al. (2001) διάφοροι παράγοντες περιορίζουν τον αρχικό ενθουσιασμό για την εισαγωγή των βίντεο στην εκπαίδευση όπως ο εγκλωβισμός του εκπαιδευομένου σε ρόλο θεατή-αποδέκτη πληροφοριών, η δυσκολία αλληλεπίδρασης εκπαιδευομένου με το υλικό και η αδυναμία αποδέσμευσης της μαθησιακής διαδικασίας από το ρόλο του διδάσκοντα.

Το προτεινόμενο σενάριο αξιοποιεί ένα πλήθος υλικών και ψηφιακών πόρων επιχειρώντας μια συστηματική προσπάθεια να αποφευχθεί ο περιορισμός του μαθητή σε καταστάσεις απλής παθητικής παρακολούθησης. Ειδικότερα, περιλαμβάνει εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων με απλά υλικά από τους μαθητές, αξιοποίηση του (έντυπου και διαδραστικού) βιβλίου «Φυσικά – Ερευνώ κι Ανακαλύπτω» για την Ε' τάξη αλλά και αξιοποίηση πολλών ψηφιακών πόρων, όπως: διαδραστικό πίνακα, κείμενα οδηγιών, στατικές εικόνες, κινούμενες εικόνες, συννεφολέξα, εννοιολογικούς χάρτες, βίντεο της εκπαιδευτικής τηλεόρασης, βίντεο με διαδοχικές σμικρύνσεις αντικειμένων, αναλογίες για την ομαλή εισαγωγή της ιδέας της ύλης ως αποτελούμενης από σωματίδια, προσομοιώσεις του μικρόκοσμου. Οι μαθητές δουλεύουν με βάση τα φύλλα εργασίας που έχουν δημιουργηθεί για το σενάριο, ενώ υπάρχουν και τα αντίστοιχα (συμπληρωμένα) φύλλα εργασίας για τον εκπαιδευτικό.

Διδακτικοί Στόχοι του Σεναρίου

Βασικός σκοπός του σεναρίου είναι η κατανόηση της έννοιας της ύλης, της δομής της και των φυσικών καταστάσεών της από τους μαθητές. Οι επιμέρους διδακτικοί στόχοι είναι:

1. Ως προς το γνωστικό αντικείμενο, οι μαθητές:
 - να διακρίνουν τα υλικά σώματα από τα μη υλικά
 - να διακρίνουν τις φυσικές καταστάσεις της ύλης

- να ταξινομούν σώματα βάσει της φυσικής τους κατάστασης
 - να εξηγούν τις φυσικές καταστάσεις της ύλης με αναφορά στις κινήσεις των σωματιδίων του μικροκόσμου
2. Ως προς τη χρήση των ΤΠΕ, οι μαθητές:
- να εξοικειωθούν με τη χρήση εργαλείων του διαδραστικού πίνακα
 - να αξιοποιήσουν λογισμικό εννοιολογικής χαρτογράφησης
 - να εξοικειωθούν με τη χρήση λογισμικών προσομοίωσης
 - να εξοικειωθούν με τη χρήση εφαρμογής δημιουργίας συννεφόλεξων
3. Ως προς τη μαθησιακή διαδικασία, οι μαθητές:
- να αποκτήσουν δεξιότητες συνεργασίας και αλληλοβοήθειας μέσα από τη συμμετοχή τους σε ομάδες και να καλλιεργήσουν ομαδικό πνεύμα
 - να ενισχύσουν την αυτοπεποίθησή τους αναφορικά με τη χρήση των νέων τεχνολογιών στη διαδικασία της μάθησης

Περιγραφή Σεναρίου

Το σενάριο με θεματική την «ύλη και φυσικές καταστάσεις της ύλης» έχει σχεδιαστεί για μαθητές της Ε' τάξης του Δημοτικού Σχολείου και η εφαρμογή του περιλαμβάνει τρεις δραστηριότητες για δύο διδακτικές ώρες η καθεμία, καλύπτοντας όλα τα βήματα της επιστημονικής / εκπαιδευτικής μεθοδολογίας με διερεύνηση και αξιοποιώντας όλους τους προαναφερθέντες υλικούς και ψηφιακούς πόρους.

Οι μαθητές χωρισμένοι σε ομάδες των 3-4 ατόμων δουλεύουν στο εργαστήριο υπολογιστών, όπου αξιοποιείται και ο διαδραστικός πίνακας (στον οποίο έχει εγκατασταθεί το σχετικό λογισμικό) με τη βοήθεια των φύλλων εργασίας που συνοδεύουν το σενάριο. Στην επιφάνεια εργασίας των υπολογιστών υπάρχουν συντομεύσεις για τον Εθνικό Συσσωρευτή Ψηφιακού Περιεχομένου Φωτόδεντρο και πιο συγκεκριμένα για το Ψηφιακό Σχολείο καθώς και για τους υπόλοιπους ψηφιακούς πόρους που θα αξιοποιηθούν (λογισμικό εννοιολογικής χαρτογράφησης, εφαρμογή δημιουργίας συννεφόλεξων, βίντεο, προσομοιώσεις κτλ).

Δραστηριότητα 1

Αρχικά, για έναυσμα του ενδιαφέροντος, οι μαθητές παρακολουθούν σε ολομέλεια εικόνες που προβάλλονται στον διαδραστικό πίνακα και ξεκινά μία συζήτηση μεταξύ τους σχετικά με το τι είναι ύλη.



Στη συνέχεια, οι μαθητές καλούνται να συμπληρώσουν ανά ομάδες (στο σχετικό Φύλλο Εργασίας) μια πρόταση που να περιλαμβάνει τη λέξη «ύλη». Η κάθε ομάδα ανακοινώνει την απάντησή της και οι προτάσεις καταγράφονται στον διαδραστικό πίνακα και αποθηκεύονται για να χρησιμοποιηθούν αργότερα.

Οι μαθητές στη συνέχεια καλούνται να συμπληρώσουν έναν εννοιολογικό χάρτη όπου υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες «ΕΙΝΑΙ ΥΛΗ» και «ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΥΛΗ» και πρέπει να αντιστοιχήσουν τις υπόλοιπες λέξεις που αναφέρονται στη σωστή κατηγορία. Η δραστηριότητα αυτή χρησιμοποιείται για την ανίχνευση των πρότερων γνώσεων των μαθητών, καθώς έρευνες έχουν δείξει ότι οι μαθητές αυτής της ηλικίας δυσκολεύονται να δεχτούν ως ύλη τα αέρια, ενώ αρκετοί κατατάσσουν στην κατηγορία της ύλης τη θερμότητα και τον ηλεκτρισμό. Η κάθε ομάδα φτιάχνει τον δικό της χάρτη, τον οποίο αποθηκεύει ως εικόνα και τον παρουσιάζει στις υπόλοιπες.



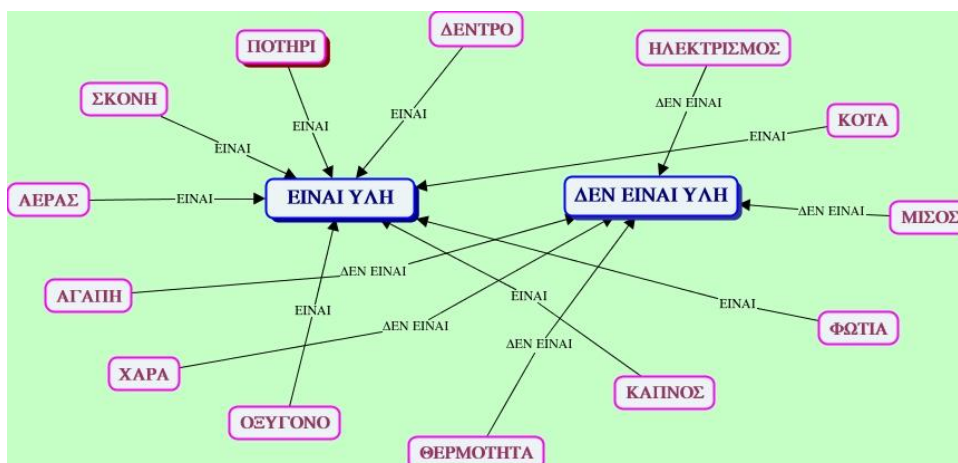
Ακολουθεί συζήτηση σχετικά με τις διαφορές στις ταξινομήσεις των μαθητών και τότε οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν ανά ομάδες στις ερωτήσεις του Φύλλου Εργασίας σχετικά με τις ιδιότητες της ύλης και πώς μπορούμε να καταλάβουμε αν κάτι είναι φτιαγμένο από ύλη καθώς και αν υπάρχει κάτι που να είναι ύλη αλλά να μην μπορούμε να το δούμε ή να το ακουμπήσουμε. Οι απόψεις των ομάδων παρουσιάζονται στην ολομέλεια, καταγράφονται και πάλι στον διαδραστικό πίνακα και αποθηκεύονται.

Μετά από συζήτηση και με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού προκύπτουν οι βασικές ιδιότητες της ύλης, βάσει των οποίων μπορούμε να διακρίνουμε τα υλικά σώματα από τα μη υλικά και η συζήτηση επικεντρώνεται στον αέρα και στο πώς μπορούμε να διαπιστώσουμε αν είναι υλικό σώμα ή όχι. Με τον πειραματισμό που ακολουθεί οι μαθητές διαπιστώνουν ότι ο αέρας έχει όγκο αλλά και μάζα, οπότε είναι υλικό σώμα.



Πειραματισμός για τις ιδιότητες του αέρα

Τώρα η κάθε ομάδα μαθητών επιστρέφει στον εννοιολογικό χάρτη που είχε φτιάξει αρχικά και κάνει τις απαραίτητες διορθώσεις.



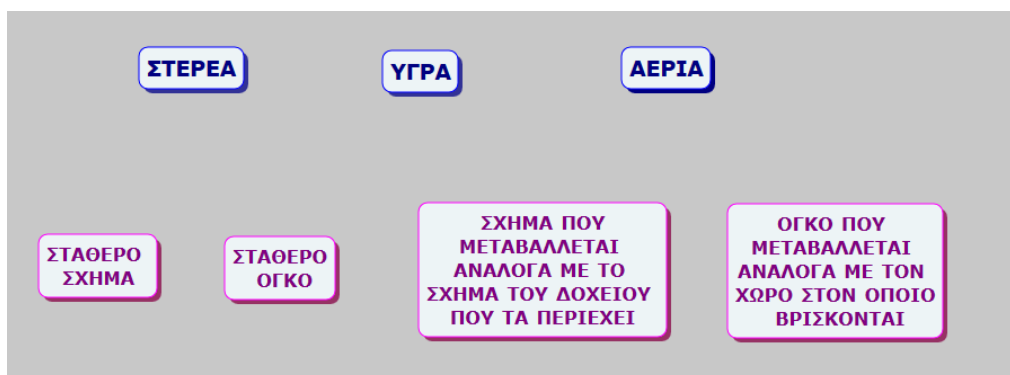
Προβάλλονται, επίσης, οι αποθηκευμένες προτάσεις τους για την ύλη και απαντήσεις τους για τις ιδιότητες της ύλης και οι μαθητές ελέγχουν μόνοι τους τις υποθέσεις τους και αν πρέπει κάτι να διορθωθεί ή να αλλάξει. Στη συνέχεια αναζητούν και άλλες λέξεις και προσπαθούν να τις εντάξουν στον εννοιολογικό χάρτη τους.

Δραστηριότητα 2

Αρχικά, για έναυσμα του ενδιαφέροντος, οι μαθητές παρακολουθούν σε ολομέλεια εικόνες που προβάλλονται στον διαδραστικό πίνακα και ξεκινά μία συζήτηση μεταξύ τους για την ύλη και τις διαφορές των υλικών σωμάτων.



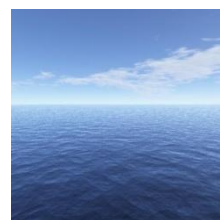
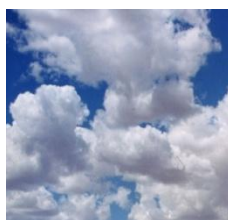
Η συζήτηση εστιάζει στη φυσική κατάσταση των σωμάτων, οι μαθητές διατυπώνουν τις απόψεις τους και αναφέρουν τα χαρακτηριστικά που νομίζουν ότι διαχωρίζουν τα στερεά από τα υγρά και τα αέρια. Στη συνέχεια συμπληρώνουν έναν εννοιολογικό χάρτη όπου πρέπει να ταιριάζουν την καθεμία από τις φυσικές καταστάσεις των σωμάτων «ΣΤΕΡΕΑ», «ΥΓΡΑ», «ΑΕΡΙΑ» με τις αντίστοιχες ιδιότητες συμπληρώνοντας τον σύνδεσμο «έχουν». Η δραστηριότητα αυτή χρησιμοποιείται για την ανίχνευση των πρότερων γνώσεων των μαθητών. Η κάθε ομάδα προβληματίζεται και αποτυπώνει τις υποθέσεις της συμπληρώνοντας τον δικό της χάρτη, τον οποίο αποθηκεύει ως εικόνα και παρουσιάζει στις υπόλοιπες ομάδες. Ακολουθεί συζήτηση σχετικά με τις διαφορές στους χάρτες των μαθητών και μετά από συζήτηση και με τον εκπαιδευτικό προκύπτουν οι βασικές ιδιότητες της κάθε κατάστασης. Στο σημείο αυτό η κάθε ομάδα μαθητών επιστρέφει στον εννοιολογικό χάρτη που είχε φτιάξει και κάνει τις απαραίτητες διορθώσεις, αν υπάρχουν.



Στη συνέχεια οι μαθητές καλούνται να γράψουν ανά ομάδες μερικά σώματα που ανήκουν σε κάθε κατηγορία και καταγράφουν τις απαντήσεις όλων των ομάδων (συγκεντρωτικά ανά φυσική κατάσταση). Με συνεργασία των ομάδων σχηματίζουν τα αντίστοιχα συννεφώλεξα για τα στερεά, τα υγρά και τα αέρια, με βάση όλες τις απαντήσεις.



Στη συνέχεια, οι μαθητές παρακολουθούν σε ολομέλεια εικόνες και βίντεο με τις φυσικές καταστάσεις του νερού και απαντούν στην ερώτηση τι κοινό και τι διαφορετικό έχουν. Έτσι ξεκινά μία συζήτηση μεταξύ τους για το αν τα σώματα έχουν και ομοιότητες εκτός από διαφορές και πώς γίνεται να έχουν κάτι κοινό όταν φαίνονται τόσο διαφορετικά.



Προκειμένου να διαπιστώσουν αν πρόκειται για το ίδιο σώμα και να ελέγξουν τις υποθέσεις τους, οι μαθητές ανά ομάδες εκτελούν ένα πείραμα, ακολουθώντας τις οδηγίες που προβάλλονται στον διαδραστικό πίνακα (και που υπάρχουν και στο σχετικό φύλλο εργασίας). Αρχικά σημειώνουν τη φυσική κατάσταση του πάγου. Θερμαίνουν τον πάγο με ένα κερί, αφού τον τοποθετήσουν σε ένα κουτάλι. Σημειώνουν και πάλι στον διαδραστικό την παρατήρησή τους και τη φυσική κατάσταση του πάγου που έλιωσε. Συνεχίζουν να θερμαίνουν το νερό που έχει απομείνει στο κουτάλι και τοποθετούν ένα άλλο κουτάλι πάνω από το νερό που βράζει. Σημειώνουν και πάλι την παρατήρησή τους και τη φυσική κατάσταση του νερού. Στον διαδραστικό πίνακα παραμένουν και οι τρεις εικόνες με τις σημειώσεις των μαθητών για τη φυσική κατάσταση του νερού σε κάθε μία περίπτωση και γίνεται συζήτηση σε ολομέλεια.



Πειραματισμός με τις τρεις φυσικές καταστάσεις του νερού

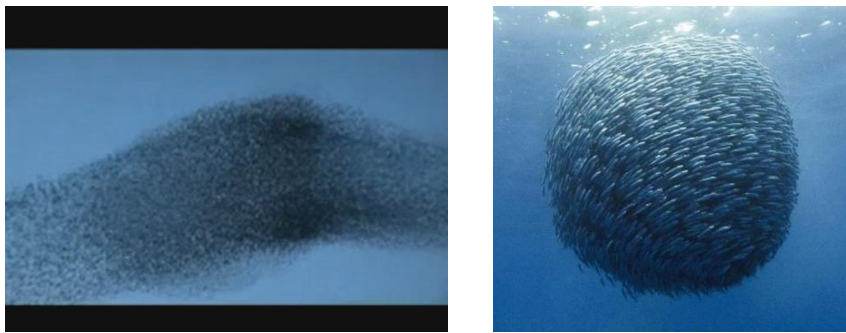
Στη συνέχεια προβάλλονται στον διαδραστικό πίνακα εικόνες σωμάτων σε διαφορετική φυσική κατάσταση και οι μαθητές σχολιάζουν τη φυσική κατάστασή τους κάθε φορά και προτείνουν κι αυτοί αντίστοιχα παραδείγματα.



Μέσα από τη συζήτηση προκύπτει το ερώτημα τι θα βλέπαμε μέσα σε καθένα από τα σώματα αυτά αν μπορούσαμε να μικρύνουμε ένα δισεκατομμύριο φορές, ερώτηση που οδηγεί στην επόμενη δραστηριότητα.

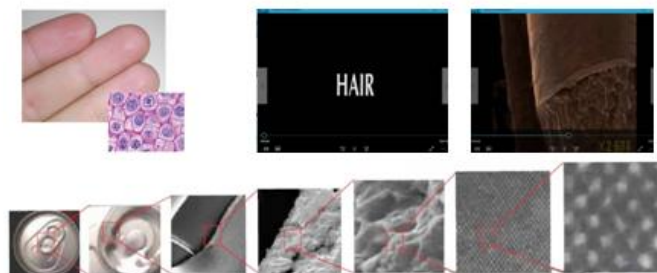
Δραστηριότητα 3

Για την ομαλή εισαγωγή της σωματιδιακής θεωρίας της ύλης και για να μπορέσουν οι μαθητές να ξεπεράσουν την επιστημολογική τους δέσμευση στις αισθήσεις (ότι δηλαδή τα πράγματα είναι όπως φαίνονται να είναι) χρησιμοποιείται μια αναλογία: Οι μαθητές παρακολουθούν φωτογραφίες και βίντεο από ένα σμήνος πουλιών ή μια ομάδα ψαριών που από μακριά φαίνονται σαν ένα σώμα που κινείται, όμως αν πλησιάσουμε φαίνεται ότι αποτελείται από πολλά μικρά πουλιά ή ψάρια που το καθένα κινείται χωριστά.



Αναλογίες που εισάγουν την ιδέα της ύλης ως αποτελούμενης από σωματίδια. Στη συνέχεια παρουσιάζονται φωτογραφίες και βίντεο αντικειμένων που φαίνονται συνεχή, αλλά μετά από διαδοχικές μεγεθύνσεις μέσω ηλεκτρονικού μικροσκοπίου ή προσομοιώσεις φαίνεται ότι αποτελούνται από μικρότερες δομές.

Η συζήτηση και ο προβληματισμός για το κατά πόσο μπορούμε να δούμε τα πάντα με τα μάτια μας ή κάποιες φορές χρειάζεται να χρησιμοποιήσουμε ειδικά εργαλεία (πχ. τηλεσκόπια, μικροσκόπια, ραντάρ, ακτινογραφίες κτλ.) με προβολή αντίστοιχων παραδειγμάτων οδηγεί στη χρησιμότητα των προσομοιώσεων που μας δίνουν μια εικόνα των σωματιδίων του μικρόκοσμου και των κινήσεών τους.



Εικόνα από θερμοκάμερα



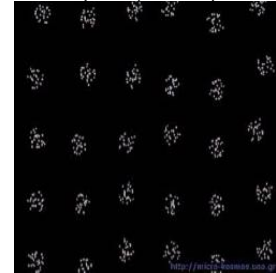
Ακτινογραφία



Καρδιογράφημα



Προσομοίωση



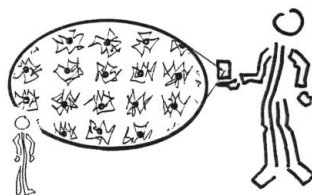
Για να απαντηθεί το αρχικό ερώτημα τι θα βλέπαμε στο εσωτερικό των σωμάτων, οι μαθητές παρακολουθούν το απόσπασμα από το βίντεο της εκπαιδευτικής τηλεόρασης «Τα σωματίδια που συνθέτουν το μικρόκοσμο»

<http://photodentro.edu.gr/v/item/video/8522/637>

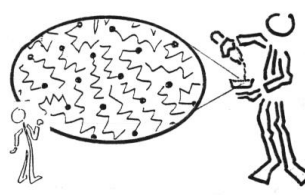


Βίντεο της εκπαιδευτικής τηλεόρασης «Τα σωματίδια που συνθέτουν το μικρόκοσμο»

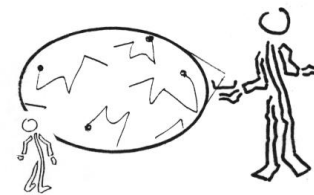
Μετά την παρακολούθηση του βίντεο οι μαθητές περιγράφουν τις τρεις φυσικές καταστάσεις της ύλης που παρατήρησαν στο πείραμα, με αναφορά στα σωματίδια του μικρόκοσμου και τις κινήσεις τους και με τη βοήθεια σχετικών σκίτσων που υπάρχουν στο βιβλίο τους και στο φύλλο εργασίας.



στερεό



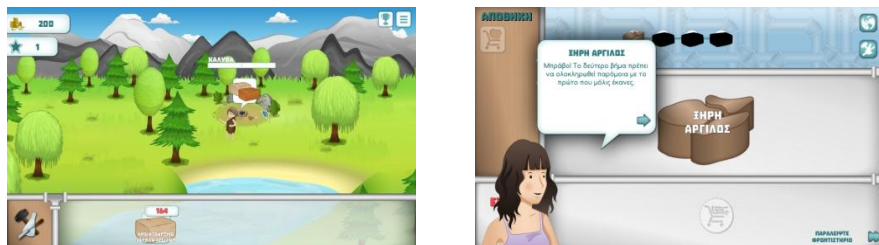
υγρό



αέριο

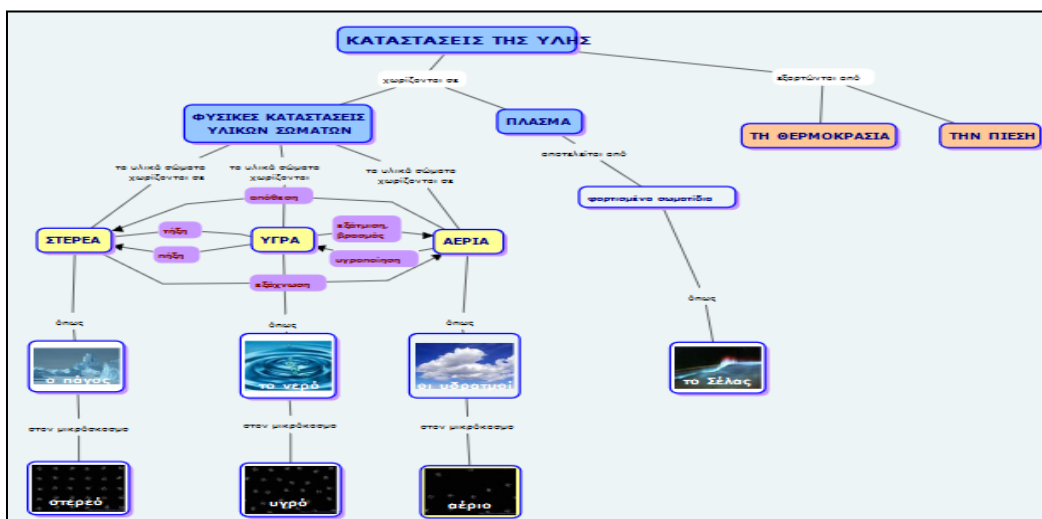
Επεκτάσεις του σεναρίου

A) Οι μαθητές μπορούν να παίξουν το παιχνίδι «Κυνηγός Υλικών» επιλέγοντας από το ψηφιακό αποθετήριο ανοιχτών εκπαιδευτικών πόρων την επιλογή για τα εκπαιδευτικά λογισμικά (<http://photodentro.edu.gr/edusoft>). Πρόκειται για ένα παιχνίδι puzzle όπου οι μαθητές καλούνται να κατασκευάσουν τα υλικά που είναι απαραίτητα για την εξέλιξη του πολιτισμού μας. Με τις ανακαλύψεις τους βοηθάνε μια μικρή κοινότητα να περάσει από την προϊστορική εποχή στο απώτερο μέλλον μέσα από την δημιουργία υλικών όπως το χαρτί, ο ημιαγωγός, τα νανορομπότ, επιλέγοντας τις πρώτες ύλες και τα εργαλεία που χρειάζονται από το εργαστήριο.



Στιγμιότυπα από το παιχνίδι «Κυνηγός Υλικών»

B) Μπορεί να αξιοποιηθεί για επέκταση της ενότητας ένας εννοιολογικός σχετικά με τις καταστάσεις της ύλης και τις αλλαγές κατάστασης, που θα χρησιμεύσει και ως σύνδεση με την επόμενη ενότητα που αφορά στις αλλαγές κατάστασης.



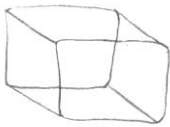

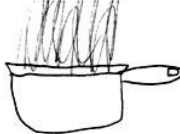


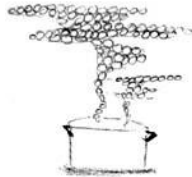
Συμπεράσματα από την εφαρμογή του σεναρίου

Το προτεινόμενο σενάριο εφαρμόστηκε σε 16 μαθητές της Ε' τάξης (10-11 χρονών) και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι επηρέασε θετικά τόσο τις αντιλήψεις των μαθητών για την ύλη όσο και τις επιστημικές πεποιθήσεις τους (Gikoroulou, 2017).

Αναλυτικότερα, οι μαθητές άρχισαν να αντιλαμβάνονται ότι τα πράγματα δεν είναι πάντα όπως φαίνονται να είναι και αρχίζουν να αποδέχονται την ιδέα των μη ορατών σωματιδίων που συγκροτούν την ύλη. Μπόρεσαν να διακρίνουν τα υλικά σώματα από τα μη υλικά βάσει των ιδιοτήτων τους και να τα κατηγοριοποιούν βάσει της φυσικής τους κατάστασης σε στερεά, υγρά και αέρια. Ενώ αρχικά 12 από τους 16 μαθητές κατέτασσαν

τον αέρα στα μη υλικά σώματα μετά την αξιοποίηση του σεναρίου και οι 16 μαθητές απαντούν ότι είναι υλικό σώμα «αφού αποτελείται από μόρια», «αφού έχει μάζα και όγκο» κτλ. Επίσης, όλοι οι μαθητές συμμετείχαν με ενθουσιασμό τόσο στις συζητήσεις όσο και στα πειράματα αλλά και στη χρήση του διαδραστικού πίνακα αλλά και των λογισμικών και εφαρμογών που αξιοποιήθηκαν στο ψηφιακό σενάριο.

Η πρόοδος των μαθητών είναι εμφανής και στα σχέδιά τους, όταν τους ζητήθηκε να σχεδιάσουν το εσωτερικό ενός στερεού, ενός υγρού και ενός αερίου σώματος, πριν και μετά την εφαρμογή του σεναρίου. Στην αρχή 4 από τους 16 μαθητές δεν σχεδίασαν καθόλου και οι υπόλοιποι 12 έφτιαξαν σχέδια που απεικονίζουν την ύλη συνεχή, ενώ μετά το σενάριο τα σχέδιά τους δείχνουν τη σωματιδιακή δομή της ύλης.

	πάγος	νερό	υδρατμός
Πριν το σενάριο			
Μετά το σενάριο			

Σχέδια των μαθητών για τον πάγο, το νερό και τον υδρατμό

Επιπρόσθετα, η αξιοποίηση του ψηφιακού σεναρίου αύξησε το ενδιαφέρον των μαθητών και ενίσχυσε την ενεργό συμμετοχή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία, ακόμη και αυτών που στη συνήθη διδασκαλία είναι πιο αδιάφοροι. Όλοι οι μαθητές δήλωσαν ότι τους άρεσαν αυτά τα μαθήματα περισσότερο και διασκέδασαν, ενώ μπόρεσαν παράλληλα να συνεργαστούν με τους συμμαθητές τους. Όλοι ζήτησαν να χρησιμοποιήσουν αντίστοιχα σενάρια και σε άλλες θεματικές ή μαθήματα. Στους μαθητές άρεσε ιδιαίτερα, εκτός από τα πειράματα, η δημιουργία των συννεφολέξων, τα βίντεο με τις μεγεθύνσεις αντικειμένων και τα εργαλεία που χρησιμοποιούμε για να «δούμε» κάτι (πχ. τηλεσκόπια, μικροσκόπια, ραντάρ, ακτινογραφίες κτλ.), η αναλογία με τα ψάρια και τα πουλιά καθώς και οι προσομοιώσεις.

Ιδιαίτερα θετική αναφορά έκαναν οι μαθητές στην αξιοποίηση του διαδραστικού πίνακα, επιβεβαιώνοντας τα αποτελέσματα και άλλων ερευνών (Beeland, 2002; Becta, 2003; Levy, 2002; Smith et al., 2005) που υποστηρίζουν ότι οι διαδραστικοί πίνακες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία ενίσχυσης της μαθησιακής διαδικασίας, της κοινωνικής αλληλεπίδρασης, της επικοινωνίας και της συνεργασίας, καθώς παρέχουν μια σειρά πλεονεκτημάτων όπως: βοηθούν στην αύξηση της ικανοποίησης των μαθητών και του κινήτρου για συμμετοχή στη μαθησιακή διαδικασία, δημιουργούν πιο ευχάριστη μαθησιακή ατμόσφαιρα, αυξάνουν το επίπεδο προσοχής των μαθητών, παρέχουν περισσότερες ευκαιρίες για συνεργασία και υποστήριξη των προσωπικών και κοινωνικών δεξιοτήτων των μαθητών, παρέχουν τη δυνατότητα στους μαθητές να αντεπεξέλθουν σε πιο πολύπλοκες έννοιες ως αποτέλεσμα της σαφέστερης και δυναμικότερης παρουσιάσής τους κτλ.

Σχετικά με τους εννοιολογικούς χάρτες, οι περισσότεροι μαθητές (12 από τους 16) δήλωσαν ότι τους βρήκαν πολύ διασκεδαστικούς και χρήσιμους, ιδίως όταν επέστρεψαν σε αυτούς για να τους ελέγξουν ή να τους διορθώσουν, γιατί μπορούσαν να εντοπίσουν μόνοι τους τα σημεία αυτά. Αυτό, όμως, ήταν και το σημείο που δυσκόλεψε τους υπόλοιπους (4) μαθητές οι οποίοι δεν ήθελαν να παραδεχτούν ότι στους αρχικούς χάρτες είχαν κάνει «λάθος» το οποίο διόρθωσαν μετά και δήλωσαν ότι θα προτιμούσαν να έχουν από την αρχή τους συμπληρωμένους τους «σωστούς» χάρτες! Η παρατήρηση αυτή βρίσκεται σε συμφωνία με πορίσματα σχετικών μελετών που αναφέρουν ότι οι εννοιολογικοί χάρτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλείο διερεύνησης της πρότερης γνώσης των μαθητών, διερεύνησης των αναπαραστάσεων των μαθητών για ένα συγκεκριμένο θέμα, εννοιολογικής αλλαγής και αξιολόγησης και επίλυσης προβλημάτων (Γουλή κ.α., 2006). Ο Jonassen (2000) υποστηρίζει ότι οι εννοιολογικοί χάρτες βοηθούν τους εκπαιδευόμενους «να μαθαίνουν πώς να μαθαίνουν», να αποκτούν δηλαδή επίγνωση των διαδικασιών μάθησης, δίνοντάς τους επιπλέον τη δυνατότητα να παρατηρούν τις αλλαγές που υπόκειται η γνωστική αυτή δόμηση μέσα στο χρόνο.

Συμπερασματικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα αποτελέσματά μας είναι σε συμφωνία με αυτά άλλων ερευνητών που υποστηρίζουν ότι η χρήση ψηφιακών εργαλείων επιτρέπει στα παιδιά να αποκτήσουν μια διαφορετική εμπειρία μάθησης, αναδεικνύοντας τα υψηλά επίπεδα εμπλοκής τους, συμβάλλοντας στην προώθηση της συνεργασίας και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων και βοηθώντας τα παιδιά στην κατανόηση εννοιών από τον χώρο των Φυσικών Επιστημών (Καλογιαννάκης και Παπαδάκης, 2017).

Τα εκπαιδευτικά ψηφιακά σενάρια μπορούν να παίξουν ρόλο γνωστικού εργαλείου, να υποστηρίζουν διερευνητικού τύπου μαθησιακές καταστάσεις, να ευνοήσουν δραστηριότητες επίλυσης προβλήματος, λήψης απόφασης και ανάπτυξης της κριτικής σκέψης και να υποστηρίζουν δραστηριότητες συμβολικής έκφρασης, επικοινωνίας και αναζήτησης πληροφοριών, ευνοώντας με αυτόν τον τρόπο την ανάπτυξη από τους μαθητές γνωστικών ικανοτήτων υψηλού επιπέδου.

Βιβλιογραφία

- Andersson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
- Anderson, R., Dickey, M., & Perkins, H. (2001). Experiences with tutored video instruction for introductory programming courses. *ACM SIGCSE Bulletin*, 33(1), 347-351
- Becta (2003). What the research says about interactive whiteboards, http://mirandanet.ac.uk/wp-content/uploads/2015/05/wtrs_whiteboards.pdf
- Beeland, W. (2002). Student Engagement, visual learning and technology: can interactive whiteboards help? *Action Research Exchange* 1(1), 1-7.
- Carey, S. (1991). Knowledge Acquisition: Enrichment or Conceptual Change? In S. Carey and R. Gelman (eds) *The Epigenesis of Mind: Essays on Biology and Cognition*, (pp. 257-292). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Driver, R., Guesne E., & Tiberghien A. (1994). *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες*. Εκδόσεις Τροχαλία, Αθήνα
- Γκικοπούλου, Ουρ. (2013). *Εννοιολογική Αλλαγή στις Φυσικές Επιστήμες*. Διδακτορική Διατριβή, Επιβλέπουσα: Καθηγήτρια Στ. Βοσνιάδου, Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας της Επιστήμης, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα 2013.

- Γκικοπούλου, Ουρ. (2017). *Το εκπαιδευτικό Πρότυπο του μικρόΚοσμου (και) ως Ερμηνευτικό Πλαίσιο των Φαινομένων του ΜακροΚόσμου*. Μεταδιδακτορική Διατριβή, Επιβλέπων: Καθηγητής Γ. Θ. Καλκάνης, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα 2017.
- Gikopoulou, R. & Vosniadou, S. (2012). Designing Learning Environments for Teaching Theory of Matter in Primary school, *8th International Conference on Conceptual Change*. University of Trier, 1-4 September 2012
- Gikopoulou, O., (2017). Making the invisible visible ... things aren't what they seem to be!, *Primary Science Journal*, number 150, Nov/Dec 2017
- Γουλή, Ε., Γόγουλου, Α., & Γρηγοριάδου, Μ. (2006). Ο Εννοιολογικός Χάρτης στην Εκπαιδευτική Διαδικασία του μαθήματος της Πληροφορικής: Μια Πιλοτική Διερεύνηση. Θέματα στην Εκπαίδευση, *Ειδικό Αφιέρωμα: Σύγχρονη έρευνα στη Διδακτική της Πληροφορικής*, 7(3), 351-377.
- Griffiths, A., & Preston, K. (1992). Grade-12 Students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 611-628
- Harrison, A., & Treagust, D. (2002). The particulate nature of matter: Challenges in understanding the submicroscopic world. In J. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, D. Treagust, & J. van Driel (Eds.) *Chemical education: Towards research-based practice*, Vol. 17 (pp. 189-212).
- Hu, S., Kuh, G. D., & Li, S. (2008). The effects of engagement in inquiry-oriented activities on student learning and personal development. *Innovative Higher Education*, pp. 71–81.
- Jonassen, D. (2000). *Computers as Mind-tools*, Prentice Hall
- Καλκάνης, Γ. (2007). *Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση στις-με τις Φυσικές Επιστήμες (I. οι Θεωρίες, II. τα Φαινόμενα)*. (Αυτοέκδοση) Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Kalkanis, G., (2013). From the Scientific to the Educational: Using Monte Carlo Simulations of the microKosmos for Science Education by Inquiry, In G. Tsapalis & H. Sevian (Eds.) *Concepts of Matter in Science Education* (pp.301-315). Springer Series Innovations in Science Education and Technology
- Καλογιαννάκης, Μ., (2013). Διδασκαλία του μαθήματος Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση στο σύστημα διαχείρισης μάθησης e-class του Πανεπιστημίου Κρήτης. Πρώτες διαπιστώσεις από μία μελέτη περίπτωσης. *Διεθνές Συνέδριο για την Ανοικτή & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση*, 7, Νοέμβριος 2013, Αθήνα
- Καλογιαννάκης, Μ. (Επιμ.) (2017). *Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου για τις Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση: Σύγχρονες Τάσεις και Προοπτικές*, 27-29 Μαΐου 2016, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ρέθυμνο: Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης
- Καλογιαννάκης, Μ., & Αμπαρτζάκη, Μ., (2015). Εξ αποστάσεως διδασκαλία θεμάτων αστρονομίας στην προσχολική εκπαίδευση: η περίπτωση του ΗΛΕΜΑ, *Πρακτικά 8th International Conference in Open & Distance Learning*, November 2015, Athens, Greece
- Καλογιαννάκης, Μ., & Παπαδάκης, Στ., (2017). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες σε παιδιά προσχολικής ηλικίας με το ScratchJr*, *Πρακτικά 10^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης*, Ένωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία, Πανεπιστήμιο Κρήτης, ΠΤΔΕ, Απρίλιος 2017, σελ.403-411, <http://synedrio2017.enepnet.gr>
- Κόμης, Β. (2004). *Εισαγωγή στις εκπαιδευτικές εφαρμογές των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών*, Αθήνα, Εκδ. Νέων Τεχνολογιών.
- Κουκά, Α., (2000). *Η έννοια του νερού στη χημική εκπαίδευση: Αντιλήψεις, παρανοήσεις, δυσκολίες στην κατανόηση*. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Lee, O., Eichinger, D.C., Anderson, C.W., Berkheimer, G.d., & Blakeslee, T.D., (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 249-270.
- Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell, P. (2004). Inquiry and technology. In M. C. Linn, E. A. Davis, & P. Bell (Eds.), *Internet environments for science education* (pp. 3–28). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Nakhleh, M., Samarapungavan, A., (1999). Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 777-805.
- Nussbaum, J., (1985). Η σωματιδιακή μορφή της ύλης στην αέρια κατάσταση. Στο βιβλίο Driver R. et al. *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες* (σσ. 180-207). Αθήνα: Τροχαλία.

- Papageorgiou, G., & Johnson, P. (2005). Do Particle Ideas Help or Hinder Pupils' Understanding of Phenomena? *International Journal of Science Education*, 27(11), 1299-1317
- Papageorgiou, G., Grammaticopoulou, M., & Johnson, P. (2010). Should we teach primary pupils about conceptual change? *International Journal of Science Education*, 32(12), 1647-1664.
- Papadakis, S. (2016). Creativity and innovation in European education. 10 years eTwinning. Past, present and the future, *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 8(3/4), 279-296.
- Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Zaranis, N. (2016). Developing fundamental programming concepts and computational thinking with ScratchJr in preschool education: a case study. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 10(3), 187-202.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1974). *The child's construction of quantities*. London: Routledge and Kegan Paul, London
- Schommer, M. (1990). Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 82, 498-504.
- Smith, C., Carey, S., & Wiser, M. (1985). On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight and density. *Cognition*, 21, 177-237
- Smith, H. J., Higgins, S., Wall, K., & Miller, J. (2005). Interactive whiteboards: boon or bandwagon? A critical review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning* 21(2), 91-101.
- Stathopoulou, C., & Vosniadou, S. (2007). Conceptual change in physics and physics-related epistemological beliefs: a relationship under scrutiny. In S. Vosniadou, A. Baltas and X. Vamvakousi (Eds.) *Reframing the conceptual change approach in learning and instruction* (pp.145-163). New York, NY, US: Elsevier Science
- Sun, D., Looi, C-K., & Xie, W. (2014). Collaborative Inquiry with a Web-Based Science Learning Environment. When teachers Enact it Differently. *Educational Technology & Society*, 17(4), 390-403.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1992). Mental Models of the Earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Vosniadou, S. & Brewer, W.F. (1994). Mental Models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-183.
- Vosniadou, S. & Mason, (2012). Conceptual Change induced by Instruction: A Complex Interplay of Multiple Factors. In K. R. Harris, S. Graham and T. Urdan (Eds.) *APA Educational Handbook: Individual Differences and Cultural and Contextual Factors in Educational Psychology*, Vol. 2 (pp. 221-246). American Psychological Association, 2012
- Vosniadou, S., Vamvakousi, X., & Skopeliti, E., (2008). The Framework Theory Approach to the Problem of Conceptual Change. In S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (pp. 3-34). NY: Routledge.
- Wiser, M., O'Connor, K., & Higgins, T. (1995). Mutual constraints in the development of the concepts of matter and molecule. *American Educational Research Association (AERA)*, April 19-21, 1995, San Francisco, CA.
- Wiser, M., & Smith, C. (2012a). Learning and Teaching about Matter in Elementary Grades: What Conceptual Changes Are Needed? In S. Vosniadou (Ed.) *International Handbook of Research on Conceptual Change*, 2nd edition, (pp.159-176). NY: Routledge.
- Wiser, M., & Smith, C. (2012b). Learning and Teaching about Matter in the Middle School Years: How Can the Atomic-Molecular Theory be Meaningfully Introduced? In S. Vosniadou (Ed.) *International Handbook of Research on Conceptual Change*, 2nd edition, (pp. 177-194). NY: Routledge.
- Yeziarski, E. J., & Birk, J. P. (2006). Misconceptions about the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education*, 83(6), 954-960.