


## 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

Volume 14  
Number 2  
2018

ISSN 1791-9312



# Open Education

The Journal for Open and Distance Education  
and Educational Technology

**Ειδικό Τεύχος**  
Σχεδιασμός και αξιοποίηση  
ψηφιακών σεναρίων για τη  
διδασκαλία των Φυσικών  
Επιστημών

A periodical electronic publication of the  
Scientific Association: Hellenic Network  
of Open and Distance Education

Ένα Ψηφιακό Σενάριο για τις έννοιες Θερμότητα και Θερμοκρασία με την αξιοποίηση του προτύπου του μικρόκοσμου

Δέσποινα Ιμβριώτη

doi: [10.12681/jode.19008](https://doi.org/10.12681/jode.19008)

Βιβλιογραφική αναφορά:

**Ένα Ψηφιακό Σενάριο για τις έννοιες Θερμότητα και Θερμοκρασία  
με την αξιοποίηση του προτύπου του μικρόκοσμου**

**A digital scenario about Temperature and Heat concepts  
taking advantage of the microkosmos model**

Δέσποινα Ιμβριώτη  
Εκπαιδευτικός ΠΕ70  
Δρ Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες  
[dimvrioti@sch.gr](mailto:dimvrioti@sch.gr)  
<https://orcid.org/0000-0002-4270-9806>

**Abstract**

The digital scenario we present in this article is about temperature and heat. It is addressed to students of the latest two grades of Greek primary school (ages 10-12). The main characteristic of the scenario is that it takes advantage of the “particulate nature of matter” model, which allows students to interpret natural phenomena observed at the experiments they perform. Following, we mention the most important options of literature concerning teaching and visualizing particles, the contents of the scenario, the didactical aims and methodology, the way it is proposed to be implemented in classroom, and its extensions.

*Literature Review*

Researchers and educators worldwide increasingly appreciate the value of models and modeling process in Science Education. Understanding the particulate nature of matter is of prominent importance at students’ approaching all of Science branches. In Greek primary education the particulate nature is introduced at the age of 10. In spite of the value of particulate nature, we owe to acknowledge the difficulties related to the introduction and understanding of this model. In literature it is declared that a little amount of students – especially the most gifted ones – deeply understand and may use this model to interpret phenomena or that this understanding will eventually emerge at the end of secondary education. In any case, researchers agree that it is useful to introduce a simple particulate model early in education of students and gradually enrich it. Teaching particulate nature leads to the need of simulating and visualizing the models, especially for students of primary education. In literature it is highly supported that computer animation has a lot to offer in understanding particulate nature models in comparison to no visualizations or static pictures. Although computer visualizations of particulate nature are powerful didactical tools, there is a great danger of causing alternative ideas to students. That’s why a number of researchers even abandon the idea of visualizing it.

In this digital scenario we support that computer visualization may be used, but every time teachers introduce it to classroom it is highly recommended to discuss the model with their students, make a clear discrimination between phenomena in human-scale world (macro level) and particulate nature of matter (micro level), and highlight the differences between molecules and their images. In the computer material developed to support the scenario, there is a clear distinction between micro and macro level. In addition there are text messages aiming to remind students of the differences between

reality and modeling particles. Last, particles are designed to move in black background so as students are reinforced to have in mind that there is nothing between particles.

### *Content*

Approaching thermal phenomena at the level of the latest two classes of primary school merely by doing experiments, help students understand “how” natural processes happen, but not “why” they happen so. In order to satisfy this demand, the digital scenario, includes explanations of the phenomena based on the particulate nature. Students first conduct experiments using simple equipment, make observations and measurements, discuss their findings, make conclusions using the terms “temperature” and “heat”, draw digital conceptual maps and then observe particle model through computer animation and connect molecules motion with temperature and heat.

### *Didactical Aims*

The main target of the scenario is to help students distinguish temperature from heat and make connections between these two concepts and the particles motion.

### *Methodology*

The digital scenario is scheduled according to the scientific / educational methodology, which is a pedagogical approach of the historical scientific method, followed by any scientist or researcher who studies the natural world. This specific method is constituted of five steps: Trigger of students’ interest, Hypotheses expression about how a phenomenon happens, Experimentation with a view to challenge hypotheses expressed at the previous step, Theory formulation / coming to conclusions, Constant Verification by applying conclusions to other cases. The above mentioned five steps are equivalent to the five phases of the digital scenario.

### *Didactical Application*

The duration of the scenario is up to three didactical hours. At the first one, students in their classroom are triggered to express their hypotheses about a thermal phenomenon. Then they are addressed to their school textbook where there are instructions to conduct experiments. During the next two hours, students are in the ICT Lab and using the computer material they approach particulate nature model.

### *Extensions*

Students may watch a film of Educational Television about Heat by the view of particulate nature.

### **Περίληψη**

Στο συγκεκριμένο άρθρο αναφέρονται συνοπτικά οι απόψεις που αποτυπώνονται στη βιβλιογραφία σχετικά με το μοντέλο / πρότυπο του μικρόκοσμου / της σωματιδιακής δομής της ύλης και την οπτικοποίησή του. Στη συνέχεια περιγράφεται το περιεχόμενο του ψηφιακού σεναρίου «Θερμότητα - Θερμοκρασία», οι διδακτικοί του στόχοι, η μεθοδολογία με βάση την οποία διαρθρώνεται, το πλάνο εφαρμογής του, οι διδακτικοί του πόροι, οι επεκτάσεις του. Το ψηφιακό σενάριο αξιοποιεί το πρότυπο του μικρόκοσμου για την ερμηνεία των φυσικών διαδικασιών θέρμανσης και ψύξης, όπως τις παρατηρούν οι μαθητές μέσω των πειραμάτων που εκτελούν με βάση το διδακτικό τους εγχειρίδιο. Περιλαμβάνονται οπτικοποιήσεις αυτού του προτύπου στις

οποίες έχουν ληφθεί υπόψη -όσο ήταν δυνατό- οι προβληματισμοί που καταγράφονται στη διεθνή βιβλιογραφία προκειμένου να προσεγγίσουν οι μαθητές επιτυχέστερα τη σωματιδιακή δομή της ύλης αλλά και να αποφευχθεί η πρόκληση εσφαλμένων αντιλήψεων. Το σωματιδιακό πρότυπο στηρίζεται ιδιαίτερα από το συγκεκριμένο σενάριο καθώς αποτελεί ένα αξιόλογο μαθησιακό εργαλείο για την ερμηνεία του φυσικού κόσμου.

### **Λέξεις-κλειδιά**

ψηφιακό σενάριο, θερμότητα, θερμοκρασία, μικρόκοσμος, οπτικοποίηση, δομή ύλης

### **0. Εισαγωγή**

Στο ψηφιακό σενάριο που περιγράφεται στο παρόν άρθρο προτείνεται η διδακτική προσέγγιση των εννοιών θερμότητας και θερμοκρασίας μέσω του σωματιδιακού μοντέλου / προτύπου. Πιστεύουμε –όπως υποστηρίζεται και από τη βιβλιογραφική μας έρευνα– ότι το συγκεκριμένο μοντέλο έχει ιδιαίτερη αξία για τη μαθησιακή διαδικασία στις Φυσικές Επιστήμες, καθώς παρέχει στους μαθητές έναν τρόπο οπτικοποίησης φυσικών διαδικασιών για τις οποίες δεν έχουν εποπτεία, αλλά και ένα εργαλείο ερμηνείας των φαινομένων. Ενώ τα πειράματα που εκτελούν οι μαθητές δίνουν απαντήσεις στο «πώς» συμβαίνουν τα φαινόμενα, το μοντέλο της σωματιδιακής δομής της ύλης δίνει απαντήσεις στο «γιατί» συμβαίνουν έτσι τα φαινόμενα, με αποτέλεσμα –συνδυάζοντας πειράματα και μοντελοποίηση– οι μαθητές να αποκτούν μια ολοκληρωμένη άποψη για το φυσικό κόσμο. Θεωρούμε ότι είναι δυνατό στις τελευταίες τάξεις της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης να εισαχθεί ένα απλό σωματιδιακό μοντέλο –χωρίς υποατομικά χαρακτηριστικά– το οποίο θα εμπλουτιστεί αργότερα. Για το λόγο αυτό περιλαμβάνονται στο σενάριο δραστηριότητες και οπτικοποιήσεις σχετικά με το σωματιδιακό μοντέλο, οι οποίες είναι με τέτοιο τρόπο σχεδιασμένες ώστε να υποστηρίζουν την επιτυχή αντιμετώπιση των εναλλακτικών απόψεων των μαθητών για τα σωματίδια και τις έννοιες της θερμότητας και θερμοκρασίας.

### **1. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας**

#### *1.α. Το πρότυπο του μικρόκοσμου*

Στο γενικότερο πλαίσιο της μοντελοποίησης στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, ιδιαίτερης σημασίας είναι το σωματιδιακό μοντέλο / πρότυπο ή μοντέλο της σωματιδιακής δομής της ύλης (particulate nature of matter) ή εκπαιδευτικό πρότυπο του μικρόκοσμου. Ήδη από τη δεκαετία του 1960, ο νομπελίστας Φυσικός Richard P. Feynman (1977) εξαίρει τη σημασία του σωματιδιακού μοντέλου για την επιστήμη. Τις τελευταίες δεκαετίες στο χώρο της εκπαιδευτικής έρευνας, είναι πολλοί αυτοί που χαρακτηρίζουν το σωματιδιακό πρότυπο ένα πολύτιμο εργαλείο για τους μαθητές και αναζητούν το βέλτιστο τρόπο διδασκαλίας του στους μαθητές από όλο και μικρότερη ηλικία (Ιμβριώτη, 2006). Στη βιβλιογραφία διατυπώνεται η θέση ότι η κατανόηση της σωματιδιακής δομής της ύλης είναι εξέχουσας σημασίας για τους μαθητές προκειμένου να προσεγγίσουν όλους τους τομείς των Φυσικών Επιστημών (Bouwma-Gearhart κ. α., 2009). Υποστηρίζεται μάλιστα ότι το σωματιδιακό μοντέλο βοηθά τους μαθητές να προσεγγίσουν φαινόμενα για τα οποία δεν έχουν εποπτεία όπως αυτά που σχετίζονται με τα αόρατα αέρια (Löfgren & Helldén 2009, Papageorgiou κ. α. 2010).

Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του Ηνωμένου Βασιλείου, όπου η κυβέρνηση (DfES. 2002) χρηματοδότησε την πρωτοβουλία ανάπτυξης παιδαγωγικών

στρατηγικών και υποστήριξης του Εθνικού Αναλυτικού Προγράμματος. Σε αυτό το πλαίσιο όσον αφορά στις Φυσικές Επιστήμες, το αναλυτικό πρόγραμμα οργανώθηκε γύρω από πέντε ιδέες-κλειδιά, μία εκ των οποίων είναι και τα «σωματίδια» (Franco & Taber, 2009). Έτσι, η διδασκαλία της σωματιδιακής δομής της ύλης πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια τριών τάξεων από την αρχή της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, σε μαθητές ηλικίας 11 έως 14 ετών. Μάλιστα, διεξάγονται έρευνες σύνδεσης της διδασκαλίας του σωματιδιακού προτύπου μεταξύ της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Corpard, 2017).

Στην περίπτωση της Ελλάδας, και ειδικότερα της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης το πρότυπο του μικρόκοσμου εισάγεται μέσω των εγχειριδίων των μαθητών στην Ε' τάξη του Δημοτικού Σχολείου. Επίσης, το ίδιο πρότυπο υποστηρίζει και το επίσημο εκπαιδευτικό λογισμικό που έχει εκπονηθεί για τα Φυσικά της Ε' και Στ' δημοτικού, του οποίου, ωστόσο, οι οπτικοποιήσεις είναι δυνατό να δημιουργήσουν εναλλακτικές απόψεις στους μαθητές, αφού για παράδειγμα οι σφαίρες που συμβολίζουν τα σωματίδια έχουν ανθρωπόμορφα χαρακτηριστικά. (Δ. Ιμβριώτη & Ο. Γκικοπούλου, 2009).

Βέβαια, δεν παραγνωρίζονται οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές προκειμένου να αντιληφθούν το σωματιδιακό πρότυπο, ιδιαίτερα στις μικρές τάξεις ακόμα και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Οι Franco & Taber (2009) που μελέτησαν τα αποτελέσματα της εφαρμογής του προαναφερθέντος αναλυτικού προγράμματος του Ηνωμένου Βασιλείου, διαπίστωσαν ερευνητικά ότι η μειοψηφία των μαθητών είναι πιθανό να έχουν κατανοήσει τη βασική σωματιδιακή θεωρία στο τέλος της παραπάνω εκπαιδευτικής πορείας. Όπως καταγράφεται και σε άλλη έρευνα (Georgousi et al. 2001), το σωματιδιακό μοντέλο έχει καλά αποτελέσματα στους πιο ικανούς μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Στην ίδια λογική και άλλη ερευνητική ομάδα (Löfgren & Helldén 2009) παραδέχεται ότι ο σκοπός της διδασκαλίας της σωματιδιακής φύσης της ύλης -στην έρευνά τους- ήταν να προσφερθεί η δυνατότητα σε όσους μαθητές το επιθυμούν και το θεωρούν γόνιμο και παραγωγικό, να χρησιμοποιούν το μοριακό μοντέλο όταν προσεγγίζουν μεταβολές της ύλης σε διάφορες περιστάσεις.

Ωστόσο, οι ερευνητές συμφωνούν να αναπτυχθεί από νωρίς στους μαθητές ένα απλό σωματιδιακό μοντέλο, το οποίο -αργότερα στην πορεία τους στην εκπαίδευση- θα τους οδηγήσει στην κατανόηση ενός περισσότερο πολύπλοκου υποατομικού σωματιδιακού μοντέλου (Bouwma-Gearhart κ.α., 2009). Μάλιστα, η κατανόηση ενός βασικού σωματιδιακού προτύπου από τους μαθητές, αποτελεί προϋπόθεση για την προσέγγιση της δομής του ατόμου που διδάσκεται αργότερα (Parageorgiou κ.α., 2010). Κατά τους Eshach & Fried (2005) οι Φυσικές Επιστήμες των μικρών σχολικών τάξεων είναι ένα αποτελεσματικό πλαίσιο για την ανάπτυξη της επιστημονικής σκέψης και αναμένεται να συνεισφέρει στη διαμόρφωση των θεμελίων που θα οδηγήσουν στην κατανόηση δύσκολων επιστημονικών εννοιών και φαινομένων που θα μελετηθούν αργότερα σε μια πιο τυπική μορφή.

Η προσέγγιση των φαινομένων που περιλαμβάνονται στο αναλυτικό πρόγραμμα των Φυσικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Ε' και Στ' τάξη) αποκλειστικά και μόνο με την εκτέλεση πειραμάτων, χωρίς φυσικά να παραγνωρίζεται η αξία του πειραματισμού, οδηγεί τους μαθητές στην προσέγγιση και περιγραφή του «πώς» συμβαίνει ένα φαινόμενο, αλλά αφήνει αναπάντητο το «γιατί» συμβαίνει το φαινόμενο. Από τις πρώτες μάλιστα ενότητες της Ε' Δημοτικού όταν οι μαθητές διδάσκονται για τις έννοιες της μάζας και της πυκνότητας, δημιουργούνται απορίες όπως: «Πώς μπορώ να μιλώ για την πυκνότητα μιας πέτρας αφού η πέτρα είναι ένα πράγμα και όχι πολλά μικρά όπως η ζάχαρη;» (ερώτηση μαθήτριας Ε' Δημοτικού). Οι

μαθητές δείχνουν να χρειάζονται ένα μηχανισμό, ένα πρότυπο, που να ερμηνεύει τα φαινόμενα που παρατηρούν στα πειράματα (Parageorgiou κ.α., 2010). Στο ψηφιακό σενάριο «Θερμότητα - Θερμοκρασία» χρησιμοποιείται το πρότυπο του μικρόκοσμου για την ερμηνεία της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ δύο σωμάτων.

### *1.β. Οι οπτικοποιήσεις του προτύπου του μικρόκοσμου*

Με τη διδασκαλία του προτύπου του μικρόκοσμου συνδέεται αναπόφευκτα το θέμα της οπτικοποίησής του. Η διδακτική αξία των οπτικοποιήσεων μέσω υπολογιστή ερμηνεύεται με τη θεωρία του Ραϊνίο (1991), σύμφωνα με την οποία οι μαθητές καταγράφουν την πληροφορία στη μνήμη τους είτε με οπτικές είτε με λεκτικές νοητικές αναπαραστάσεις. Η διδακτική υπεροχή των εικόνων σε σύγκριση με τις λέξεις έγκειται στο ότι ενώ οι λέξεις καταγράφονται μόνο λεκτικά, οι εικόνες είναι πιθανό να καταγραφούν και οπτικά και λεκτικά. Επομένως, αναμένεται καλύτερη ανάκληση των οπτικών νοητικών αναπαραστάσεων, αφού έχουν καταγραφεί με διπλή κωδικοποίηση (οπτική και λεκτική) που εξασφαλίζει τη διάρκειά τους ακόμα κι αν η μία κωδικοποίηση χαθεί. Αν και αυτή η θεωρία διαμορφώθηκε για στατικές εικόνες, έχει εφαρμοσθεί και σε δυναμικές οπτικοποιήσεις από ηλεκτρονικό υπολογιστή (Mayer & Gallini 1990).

Οι Gilbert et al. (2003) αναφέρουν ότι οι ικανότητες οπτικού εναλλακτικού θεωρούνται σημαντικές στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και η ανάπτυξή τους πρέπει να έχει κεντρική σημασία. Θεωρούν επίσης ότι η εμπειρία συνδυασμού απτών μοντέλων και ψευδο-τριδιάστατων-ηλεκτρονικών μοντέλων βοηθά τους μαθητές να κινούνται καλύτερα μεταξύ του συμβολικού-μικροσκοπικού-μακροσκοπικού μοντέλου.

Ωστόσο, η οπτικοποίηση του προτύπου του μικρόκοσμου είναι πολύ πιθανό να δημιουργήσει εναλλακτικές απόψεις στους μαθητές, όπως π.χ. τη μεταφορά μακροσκοπικών ιδιοτήτων (χρώμα, σχήμα,...) στα σωματίδια (Harrison & Treagust 2000). Κάποιοι ερευνητές, μάλιστα, τείνουν να απορρίψουν την οπτικοποίηση στο μικρόκοσμο, ενώ άλλοι αποφεύγουν τις μακροσκοπικές αναλογίες. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει οι εκπαιδευτικοί να συζητούν αυτές τις οπτικοποιήσεις με τους μαθητές τους (Fischler & Seifert 2001). Οφείλουν να δίνουν έμφαση στις διαφορές που παρουσιάζει ο τρόπος με τον οποίο ο επιστήμονας προσεγγίζει το σωματιδιακό μοντέλο από εκείνον με τον οποίο αυτό παρουσιάζεται στους μαθητές. Οι μαθητές που έχουν καταφέρει να διακρίνουν τα δύο επίπεδα (μακροσκοπικό και μικροσκοπικό) και είναι ενήμεροι για τις διαφορετικές ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά τους, θεωρείται ότι έχουν αποκτήσει μεταγνωστική συνείδηση που τους βοηθά να ξεπεράσουν τις εναλλακτικές απόψεις (Fischler & Seifert 2001).

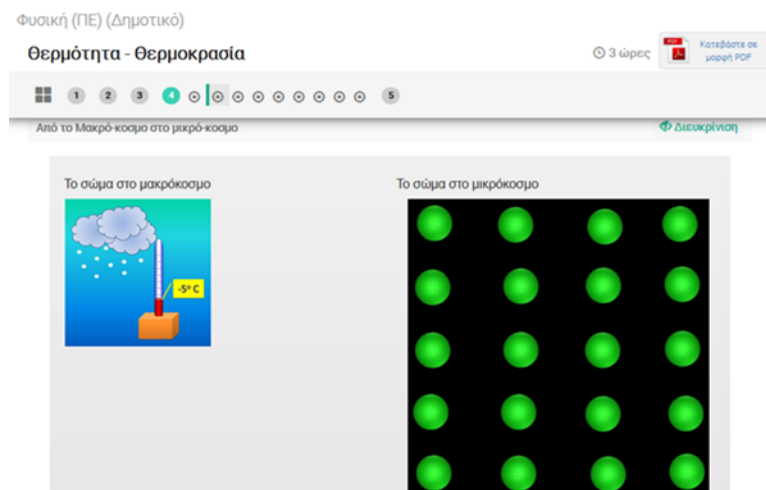
Κατά την οπτικοποίηση του μικρόκοσμου καλείται κανείς να επιλέξει μεταξύ στατικών ή κινούμενων εικόνων. Στη διεθνή βιβλιογραφία υποστηρίζεται η εκπαιδευτική αξία και η μαθησιακή υπεροχή των κινούμενων εικόνων συγκρινόμενων με τις στατικές (Girwidz 2004, Aiello–Nicosia & Sperandeo–Mineo 2000, Korobilis et al. 2003).

Στο ψηφιακό σενάριο, βασικό μέλημα κατά τη σχεδίαση των εκπαιδευτικών οπτικοποιήσεων ήταν η αντιμετώπιση ορισμένων εναλλακτικών απόψεων των μαθητών για τη σωματιδιακή δομή της ύλης, όπως αυτές έχουν σταχυολογηθεί από τη βιβλιογραφία (Driver 1994, Johnson 1998) και καταγράφονται σύντομα στη συνέχεια:

1. η ύλη γίνεται αντιληπτή ως συμπαγής, ως στερεό αντικείμενο. Στις οπτικοποιήσεις του σεναρίου τα σώματα του μακρόκοσμου παρουσιάζονται

- στο μικρόκοσμο με τη μορφή «ομάδων» σωματιδίων (βλ. εικόνα «Οπτικοποίηση προτύπου μικρόκοσμου»).
2. η ύλη αποτελείται από έναν υλικό πυρήνα και από μη υλικό μέρος (π.χ. χρώμα, οσμή). Στις οπτικοποιήσεις του μικρόκοσμου εμφανίζονται μόνο σωματίδια και όχι άλλες «οντότητες» π.χ. οσμή.
  3. ανάμεσα στα σωματίδια ο χώρος δεν είναι κενός, αλλά υπάρχει κάποια ουσία π.χ. αέρας, σκόνη. Στις οπτικοποιήσεις τα σωματίδια κινούνται σε μαύρο χώρο, ώστε να μη δίνεται η εντύπωση ότι υπάρχει κάποια ουσία μεταξύ τους.
  4. τα σωματίδια δεν βρίσκονται σε συνεχή κίνηση. Στις οπτικοποιήσεις τα σωματίδια κινούνται διαρκώς.
  5. τα σωματίδια έχουν τις μακροσκοπικές ιδιότητες του υλικού π.χ. ζεσταίνονται ή ψύχονται. Στις οπτικοποιήσεις η θέρμανση ή η ψύξη ενός σώματος οπτικοποιείται με την αύξηση ή μείωση της κινητικότητας των σωματιδίων και όχι με αλλαγή π.χ. του χρώματός τους.

Σε κάθε οπτικοποίηση υπάρχουν συνοδευτικά κείμενα όπου τονίζονται οι διαφορές των προτύπων από την πραγματικότητα: π.χ. «στην κινούμενη εικόνα εμφανίζονται πράσινες σφαίρες που συμβολίζουν τα σωματίδια, δηλαδή τα μόρια, που αποτελούν το σώμα. Τα μόρια στην πραγματικότητα είναι πολύ μικρά, δεν είναι συμπαγείς σφαίρες και δεν έχουν χρώμα». Τονίζουμε ιδιαίτερα ότι σε κάθε περίπτωση που χρησιμοποιείται οπτικοποίηση στην τάξη, πρέπει να επισημαίνεται ότι πρόκειται για πρότυπα και όχι για πραγματικά σωματίδια και να αφιερώνεται χρόνος ώστε να επισημαίνονται οι συμβάσεις των προτύπων. Δηλαδή, να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στις ομοιότητες και διαφορές που υπάρχουν ανάμεσα στα αντικείμενα που παρουσιάζονται στις οπτικοποιήσεις (π.χ. σφαίρες) και στα σωματίδια που προτυποποιούν / μοντελοποιούν (π.χ. μόρια).



Οπτικοποίηση προτύπου μικρόκοσμου

Ένα ακόμα σημείο στο οποίο δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στο σενάριο, όπως προτείνεται και από τη σχετική βιβλιογραφία (Fischler & Seifert, 2001), όσον αφορά στις οπτικοποιήσεις του μικρόκοσμου είναι η διάκριση του μικροσκοπικού επιπέδου με το μακροσκοπικό.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των οπτικοποιήσεων του μικρόκοσμου που σχεδιάστηκαν για το ψηφιακό σενάριο είναι τα εξής:

- Τα πρότυπα των σωματιδίων του μικρόκοσμου είναι σε διαρκή κίνηση.
- Εικονίζονται σε μαύρο φόντο, ώστε να μην δίνεται η εντύπωση ότι υπάρχει κάτι μεταξύ των σωματιδίων. Η ιδέα του «κενού» μεταξύ των σωματιδίων ειδικά

στην αέρια κατάσταση, παρουσιάζει δυσκολίες για τα παιδιά. Πολλά προτιμούν να σκέφτονται «κάτι», συνήθως αέρα, μεταξύ των σωματιδίων (Johnson 1998).

- Η αύξηση της θερμοκρασίας οπτικοποιείται με την αύξηση της κινητικότητας των σφαιρών και όχι με την αλλαγή του χρώματος, καθώς οι μαθητές αυτής της ηλικίας μένουν περισσότερο σε επιφανειακά χαρακτηριστικά των οπτικοποιήσεων (Cook, 2008).

### *1.γ. Οι έννοιες Θερμότητα και Θερμοκρασία*

Οι έννοιες θερμότητα και θερμοκρασία αποτελούν συχνά το βασικό περιεχόμενο επιστημονικών ερευνών στο χώρο της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες. Αναλυτικότερα, οι ερευνητές μελετούν την συνεισφορά του σωματιδιακού μοντέλου στην κατανόηση της θερμοδυναμικής θεωρίας (Ma-Naim, Bar & Finkental 2000), την επίδραση εικονικών πειραμάτων στη μάθηση αυτών των εννοιών (Korobilis et al. 2003, Zacharia & Constantinou 2008), την ικανότητα των μαθητών να μεταφέρουν τις γνώσεις τους σε καθημερινές καταστάσεις θερμοδυναμικής (Chu et al. 2012), τη διάκριση μεταξύ των εννοιών θερμότητας και θερμοκρασίας (Carlton 2000). Ωστόσο, στις έρευνες που προαναφέρθηκαν ο πληθυσμός των μαθητών έχει ηλικία άνω των 15 ετών (μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και έως φοιτητές/μελλοντικοί εκπαιδευτικοί). Αυτό το γεγονός αποτέλεσε μια πρόκληση για την πραγματοποίηση της διδακτικής πρότασης που παρουσιάζεται στο συγκεκριμένο άρθρο και η οποία αφορά μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (ηλικίας 9-11 ετών).

## **2. Περιεχόμενο**

Κυρίαρχη θέση στο περιεχόμενο του ψηφιακού σεναρίου κατέχουν οι έννοιες της θερμότητας και της θερμοκρασίας καθώς και η σύνδεσή τους με τις κινήσεις των σωματιδίων στο μικρόκοσμο.

Διευκρινίζεται ότι ως θερμοκρασία ενός σώματος ορίζουμε το φυσικό μέγεθος που συνδέει τη μακροσκοπική αντίληψή μας περί θερμού και κρύου, με τη μέση κινητική ενέργεια των σωματιδίων που το συγκροτούν, ιδιαίτερα των μορίων, τα οποία κινούνται συνεχώς και άτακτα. Ως θερμική ενέργεια ενός σώματος ορίζουμε το άθροισμα της κινητικής ενέργειας όλων των σωματιδίων που το συγκροτούν. Αυτή η κινητική ενέργεια συντηρεί τη θερμική κίνηση των σωματιδίων. Ως θερμότητα ορίζουμε την ενέργεια που ρέει από ένα σώμα (ή σημείο του σώματος) υψηλότερης θερμοκρασίας σε ένα άλλο σώμα (ή άλλο σημείο του ίδιου σώματος) με χαμηλότερη θερμοκρασία. Δηλαδή, από εκεί όπου οι ταχύτητες των μορίων είναι μεγαλύτερες, εκεί όπου οι ταχύτητες των μορίων είναι μικρότερες. Η ενέργεια αυτή ονομάζεται θερμότητα μόνο κατά τη διάρκεια της ροής.

Οι παραπάνω επιστημονικοί ορισμοί έχουν προσαρμοσθεί στο επίπεδο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και αποτυπώνονται μέσω των ακόλουθων εννοιολογικών χαρτών στο ψηφιακό σενάριο.



Φυσική (ΓΕ) (Δημοτικό)

Θερμότητα - Θερμοκρασία

3 ώρες



1 2 3 4 5

Χάρτης Εννοιών 1

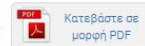


Εννοιολογικός Χάρτης 1

Φυσική (ΓΕ) (Δημοτικό)

Θερμότητα - Θερμοκρασία

3 ώρες



1 2 3 4 5

Χάρτης Εννοιών 2



Εννοιολογικός Χάρτης 2

### 3. Διδακτικοί Στόχοι

Βασικό σκοπό του σεναρίου αποτελεί η διάκριση μεταξύ των εννοιών Θερμοκρασία και Θερμότητα και η σύνδεσή τους με τις κινήσεις των σωματιδίων στο μικρόκοσμο. Οι επιμέρους διδακτικοί στόχοι διακρίνονται σε γνωστικούς, ψυχοκινητικούς, στόχους στάσεων καθώς και αξιοποίησης των ΤΠΕ, και καταγράφονται στη συνέχεια.

#### 3.α. Γνωστικοί στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να διακρίνουν το φυσικό μέγεθος «θερμότητα» από το φυσικό μέγεθος «θερμοκρασία».

2. Να παρατηρήσουν τις κινήσεις των σωματιδίων ενός σώματος, όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία του.
3. Να ανακαλύψουν ότι η προσφορά θερμότητας σε ένα σώμα μεταβάλλει τις κινήσεις των σωματιδίων του.

### 3.β. Ψυχοκινητικοί και Στάσεων:

Οι μαθητές:

1. Να διαπιστώσουν ότι οι επιστήμονες παρατηρούν ένα φαινόμενο και το ερμηνεύουν με την αξιοποίηση μοντέλων / προτύπων.
2. Να εργαστούν σε ομάδες με διακριτούς ρόλους.
3. Να ανακοινώσουν τα αποτελέσματα της διερεύνησής τους.

### 3.γ. Στόχοι ως προς την αξιοποίηση των ΤΠΕ και Νέων Μέσων:

Οι μαθητές:

1. Να παρατηρήσουν κινούμενες εικόνες οπτικοποίησης του προτύπου του μικρόκοσμου.
2. Να χειριστούν διαδραστικές διαφάνειες.
3. Να υλοποιήσουν διαδραστικές δραστηριότητες αντιστοίχισης, συμπλήρωσης κενών και δόμησης χάρτη εννοιών στην οθόνη του υπολογιστή τόσο στο σχολικό περιβάλλον όσο και εξ αποστάσεως.

## 4. Μεθοδολογία

Στο σενάριο ακολουθήθηκε η επιστημονική/εκ-παιδευτική μεθοδολογία με διερεύνηση (ή ερευνητικά εξελισσόμενο διδακτικό πρότυπο) 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). Η επιλογή αυτή εξυπηρετεί την ανάπτυξη της γνώσης των διαδικασιών αντί της απομνημόνευσης των εννοιών. Τα βήματα με τα οποία εξελίσσεται η εκπαιδευτική μεθοδολογία είναι τα παρακάτω:

1. Έναυσμα ενδιαφέροντος: επιχειρείται η πρόκληση του ενδιαφέροντος του μαθητή σχετικά με το θέμα που θα διερευνηθεί.
  2. Διατύπωση Υποθέσεων: πραγματοποιείται συζήτηση που οδηγεί στη διατύπωση υποθέσεων για τα αίτια, τις αρχές λειτουργίας και τις παραμέτρους που επηρεάζουν το θέμα.
  3. Πειραματισμός: οι μαθητές εκτελούν –συχνά σε ομάδες– πειράματα ελέγχου των υποθέσεών τους.
  4. Διατύπωση Θεωρίας: με βάση τις πειραματικές παρατηρήσεις οι μαθητές καθοδηγούνται στη διατύπωση συμπερασμάτων.
  5. Συνεχής Έλεγχος: μετά την εξαγωγή των συμπερασμάτων γίνεται προσπάθεια εφαρμογής τους στις εναυσματικές και σε άλλες παρόμοιες διαδικασίες και φαινόμενα του φυσικού μας κόσμου.
- Τα παραπάνω βήματα αντιστοιχούν στις φάσεις διεξαγωγής του σεναρίου, όπως αυτές καταγράφονται στη συνέχεια (και περιγράφονται αναλυτικά στην παράγραφο Πλάνο Εφαρμογής):
- Φάση 1. Έναυσμα του ενδιαφέροντος των μαθητών
  - Φάση 2. Διατύπωση των υποθέσεων των μαθητών
  - Φάση 3. Δραστηριότητες διερεύνησης και πειραματισμού
  - Φάση 4. Ερμηνεία φυσικών διαδικασιών και διατύπωση συμπερασμάτων
  - Φάση 5. Εφαρμογή και αξιολόγηση

Διευκρινίζουμε ότι στην τέταρτη φάση έχει ενταχθεί το εκπαιδευτικό υλικό που αφορά στην ερμηνεία των διαδικασιών με βάση το πρότυπο του μικρόκοσμου.

## 5. Πλάνο εφαρμογής

Το σενάριο έχει σχεδιαστεί ώστε να υπάρχει δυνατότητα εφαρμογής του σε διάρκεια τριών διδακτικών ωρών. Κατά την πρώτη διδακτική ώρα, η οποία υλοποιείται στη σχολική αίθουσα, προκαλείται το ενδιαφέρον των μαθητών (Φάση 1) και διατυπώνουν τις υποθέσεις τους (Φάση 2).

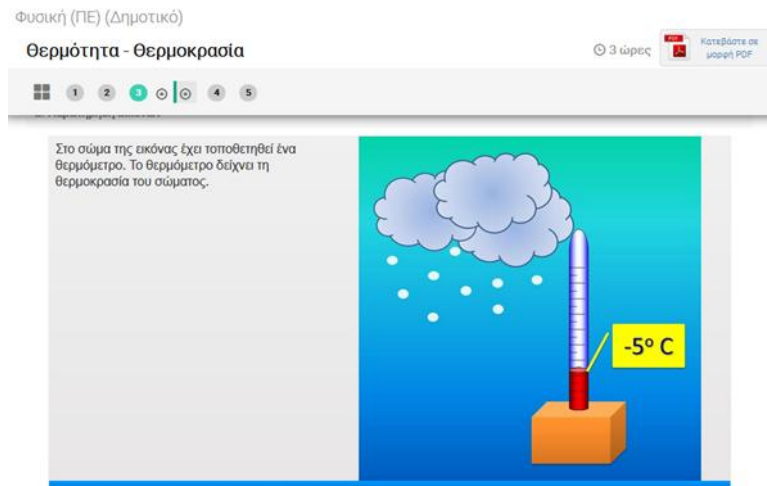
Στη συνέχεια (Φάση 3) πραγματοποιούν το πείραμα με απλά υλικά που περιλαμβάνονται στο σχολικό τους εγχειρίδιο. Αναλυτικότερα, τοποθετούν σε μεγάλο δοχείο με νερό δύο μικρότερα δοχεία νερού διαφορετικής μεταξύ τους θερμοκρασίας. Παρατηρούν για τα τρία δοχεία τις θερμοκρασίες του νερού με τη βοήθεια θερμομέτρων για το χρονικό διάστημα πέντε λεπτών και τις καταγράφουν σε πίνακα που περιλαμβάνεται στο βιβλίο τους.

Κατά τις δύο επόμενες διδακτικές ώρες, που υλοποιούνται στο Εργαστήριο Πληροφορικής, οι μαθητές παρατηρούν εικόνες πειραματικών μετρήσεων (βλ. εικόνες παρακάτω), καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους, καθοδηγούνται στην ερμηνεία των φαινομένων με βάση το πρότυπο του μικρόκοσμου, διατυπώνουν τα συμπεράσματά τους (Φάση 4) και τα ανακοινώνουν στην τάξη (στόχος 3.β.3).

Σε αυτή τη φάση και συγκεκριμένα τόσο στις διαδραστικές διαφάνειες (στόχος 3.γ.2) με τους εννοιολογικούς χάρτες όσο και στη δραστηριότητα συμπλήρωσης κενών (στόχος 3.γ.3) γίνεται η διάκριση των εννοιών θερμότητας – θερμοκρασίας (στόχος 3.α.1). Επίσης, οι μαθητές παρατηρούν μέσω κινούμενης εικόνας (στόχος 3.γ.1) τις κινήσεις των μοντέλων των σωματιδίων ενός σώματος όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία του (στόχος 3.α.2) καθώς και ότι η προσφορά θερμότητας μεταβάλλει αυτές τις κινήσεις (στόχος 3.α.3). Τέλος με συχνές αναφορές του όρου «μοντέλο/πρότυπο» σε διάφορα σημεία των δραστηριοτήτων του σεναρίου αλλά και με ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών καθοδηγούνται οι μαθητές να διαπιστώσουν ότι οι επιστήμονες παρατηρούν ένα φαινόμενο και το ερμηνεύουν με την αξιοποίηση προτύπων (στόχος 3.β.1)



Εικόνα πειραματικών μετρήσεων 1



Εικόνα πειραματικών μετρήσεων 2

Οι μαθητές έχουν ομότιμη συμμετοχή στις φάσεις 1, 2 και 4 και οι οποίες υλοποιούνται στην ολομέλεια της τάξης. Κατά τη φάση 3, όπου εκτελούνται τα πειράματα και εκπονούνται οι διαδραστικές δραστηριότητες παρατήρησης, ανακάλυψης, κλπ. χωρίζονται σε ομάδες (στόχος 3.β.2) με διακριτούς ρόλους (προτείνονται οι: αναγνώστης οδηγίων, γραμματέας και ανακοινωτής παρατηρήσεων, χειριστής υπολογιστή, πειραματιστής). Κατά την 5η φάση της εφαρμογής και αξιολόγησης οι μαθητές λειτουργούν ατομικά (αν υπάρχει τεχνική δυνατότητα από άποψη υλικοτεχνικής υποδομής) ή ομαδικά όπως στη φάση 3. Επίσης κάποιες δραστηριότητες της 5<sup>ης</sup> φάσης είναι δυνατό να υλοποιηθούν εξ αποστάσεως (από το σπίτι των μαθητών) ως δραστηριότητες εμπέδωσης.

Ο εκπαιδευτικός έχει ρόλο συντονιστή συζήτησης κατά τις φάσεις 1, 2 και 4 ενώ δρα ως υποστηρικτής / καθοδηγητής κατά τις φάσεις 3 και 5.

## 6. Διδακτικοί πόροι

Το συγκεκριμένο σενάριο περιλαμβάνει δραστηριότητες στον υπολογιστή αλλά και εκτέλεση πειράματος με απλά υλικά. Διατίθεται ένα φύλλο εργασίας για το μαθητή και ένα για τον εκπαιδευτικό (με συμπληρωμένες απαντήσεις).

Αναλυτικότερα οι ψηφιακοί πόροι του σεναρίου είναι: εικόνες με διαδραστικά σημεία, διαδραστικές παρουσιάσεις, εννοιολογικοί χάρτες, ερωτήσεις συμπλήρωσης κενών, ερωτήσεις μοναδικής επιλογής, ερωτήσεις αντιστοίχισης και κάρτες ερωτήσεων.

Από τους σημαντικότερους ψηφιακούς πόρους του σεναρίου θεωρούνται οι οπτικοποιήσεις του προτύπου του μικρόκοσμου οι οποίες παρουσιάζουν με το βέλτιστο τρόπο το συγκεκριμένο πρότυπο στους μαθητές και αναμένεται να έχουν καλύτερα αποτελέσματα από τις στατικές εικόνες που περιλαμβάνονται στο Βιβλίο του Μαθητή.

## 7. Επεκτάσεις του σεναρίου

Προτείνεται να προβληθεί στην τάξη το επεισόδιο της εκπαιδευτικής τηλεόρασης "Με το μικρό-κοσμο εξηγώ τη Θερμότητα και τη Θερμοκρασία". Στο συγκεκριμένο επεισόδιο γίνεται μια συνολική παρουσίαση του προτύπου του μικρόκοσμου και στη συνέχεια αυτό εφαρμόζεται στην ερμηνεία παρατηρήσεων σε πειράματα θερμότητας.

## Βιβλιογραφία

- Aiello–Nicosia, M.L., & Sperandeo–Mineo, R.M. (2000). Educational reconstruction of physics content to be taught and of pre-service teacher training: a case study. *International Journal of Science Education*, 22(10), 1085-1097.
- Bouwma-Gearhart, J., Stewart, J., & Brown, K. (2009). Student Misapplication of a Gas-like Model to Explain Particle Movement in Heated Solids: Implications for curriculum and instruction towards students' creation and revision of accurate explanatory models. *International Journal of Science Education*, 31(9), 1157–1174.
- Carlton, K. (2000). Teaching about heat and temperature. *Physics Education*, 35(2), 101-104
- Chu, H.E., Treagust, D.F., Yeo, S., & Zadnik, M. (2012). Evaluation of Students' Understanding of Thermal Concepts in Everyday Contexts. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1509-1534.
- Cook, M., Wiebe, E.N., & Carter, G. (2008). The influence of prior knowledge on viewing and interpreting graphics with macroscopic and molecular representations. *Science Education*, (1), 849-867
- DfES. (2002). *Framework for teaching science: Years 7, 8 and 9. Key Stage 3 National Strategy*, London: Department for Education and Skills
- Driver, R., Squires, A., & Rushworth, P. & Wood – Robinson, V. (1994), *Making sense of Secondary Science – Research into Children's Ideas*, London: Routledge.
- Eshach, H., & Fried, M. (2005). Should science be taught in early childhood? *Journal of Science Education and Technology*, 14(3), 315–336.
- Feynman, R., Leighton R. & Sands, M. (1977). *The Feynman Lectures on Physics* (6<sup>th</sup> reprint), Reading MA: Addison-Wesley.
- Fischler, H., & Seifert, S. (2001). Can students develop meta-concepts for particle representation?. *Paper presented to the 3rd International Conference European Science Education Research Association (ESERA)*, August, Thessaloniki, Greece.
- Franco, A.G., & Taber, K.S. (2009). Secondary Students' Thinking about Familiar Phenomena: Learners' explanations from a curriculum context where 'particles' is a key idea for organising teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 31(14), 1917–1952.
- Georgousi, K., Kampourakis, C., & Tsaparlis, G. (2001). Physical-science knowledge and patterns of achievement at the primary-secondary interface, Part 2: Able and top-achieving students. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2(3), 253-263.
- Gilbert, J.K., & Justi, R. & Aksela, M. (2003). The visualization of models: A metacognitive competence in the learning of chemistry, *Paper presented to the 4th International Conference of European Science Education Research Association (ESERA)*, August, Noordwijkerhout, The Netherlands.
- Girwidz, R. (2004). Illustrations and Animated Visual Presentations. Paper read to the International Conference of Groupe International de Recherche sur l' Enseignement de la Physique, July, Ostrava, Czech Republic.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules and chemical bonds: a case study of Multiple model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 352-379.
- Ιμβριώτη, Δ. (2006). *Το Μοντέλο του μικρόΚοσμου ως Ενοποιητικό και Ερμηνευτικό Στοιχείο των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση – Λογισμικό και Αξιολόγηση*. Διδακτορική Διατριβή. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Ιμβριώτη, Δ., & Γκικοπούλου, Ο. (2009). Το εκπαιδευτικό πρότυπο του μικροΚόσμου και οι Προσομοιώσεις / Οπτικοποιήσεις που ερμηνεύουν και ενοποιούν τα φαινόμενα του ΜικροΚόσμου στο μάθημα των Φυσικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, στο: Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α. και Ζουπίδης, Α. (2009). *Πρακτικά 6<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών*. 106-113.
- Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory: a longitudinal study, *International Journal of Science Education*, 20(4), 393-412.
- Καλκάνης, Γ. (2007). *Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση στις-με τις Φυσικές Επιστήμες – Ι. οι Θεωρίες*, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Korobilis, K., & Hatzikraniotis, E. & Psillos, D. (2003). A study on science teachers' use of design features of a simulated visual laboratory to develop active involvement of students in the teaching of thermodynamics at senior high school, In Constantinou, C.P. & Zacharias, Z.C. (Eds), *Proceedings of conference on Computer based learning in Science, Nicosia: Department of Educational Sciences*.

- Löfgren, L., & Helldén, G. (2009). A Longitudinal Study Showing how Students use a Molecule Concept when Explaining Everyday Situations. *International Journal of Science Education*, 31(12), 1631–1655.
- Ma-Naim, C. & Bar, V. & Finkental M. (2000), The initiation of thermodynamic theory from the particulate model for preservice teachers, *Proceedings of the International Conference of Groupe International de Recherche sur l' Enseignement de la Physique - International Commission on Physics Education*, electronic version (CD-ROM), Spain.
- Mayer, R. E. & Gallini, J. K. (1990). When is an illustration worth ten thousand words?. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 715-726
- Paivio, A. (1991). *Images in Mind: The Evolution of a Theory*, New York: Harvester Wheatsheaf.
- Papageorgiou, G., & Grammaticopoulou, M., & Johnson, P.M. (2010). Should we Teach Primary Pupils about Chemical Change?. *International Journal of Science Education*, 32(12), 1647-1664.
- Zacharias, Z.C. & Olympiou, G., & Papaevripidou, M. (2008). Teaching Effects of experimenting with physical and virtual manipulatives on students' conceptual understanding in heat and temperature. *Journal of Research in Science*, 45(9), 1021-1035.