

## Η πρό(σ)κλήση του STEM Μέρος Α' - Το πλαίσιο και η εφαρμογή ενός πολυπαραμετρικού σεναρίου βασισμένου στα Μαθηματικά

Παντελής Μπουμπούλης, Σωτήρης Τσαντίλας, Γεώργιος

Πολυζώης, Παναγιώτης Χαρατζόπουλος

Ζάννειο Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο

panbouboulis@gmail.com, stsant@phys.uoa.gr, gpolizois@edc.uoc.gr,

panharatz@yahoo.gr

bouboulis.mysch.gr, tsantilas-gr.blogspot.gr

**Περίληψη** Τα αρχικά STEM αποδίδουν του όρους: Φυσικές Επιστήμες (S, science), Τεχνολογία (T, technology), Σπουδές Μηχανικού (E, engineering), και Μαθηματικών (M, mathematics). Στην εργασία θα αναλυθεί το πλαίσιο STEM, το οποίο προ(σ)καλεί την εκπαιδευτική κοινότητα των επονομαζόμενων και θετικών επιστημών να συνεργαστεί, προσφέροντας στους μαθητές της μια πολυπαραμετρική διδακτική εμπειρία, ικανή να ανταποκριθεί με επάρκεια στο ρίσκο που επιβάλλουν η κοινωνία της μάθησης, της πληροφορίας και της γνώσης του 21ου αιώνα. Περαιτέρω στην εργασία θα παρουσιαστεί ένα ολοκληρωμένο σενάριο παραγωγής περιεχομένου STEM, με κοινό παρονομαστή τα Μαθηματικά.

**Λέξεις κλειδιά :** STEM, Μάθηση με Διερεύνηση, Παλμογράφος, Τεχνολογία.

### 1 Εισαγωγή

Η εργασία μας αφορά στην παρουσίαση μαθηματικού περιεχομένου, το οποίο διασυνδέει τους τομείς : Φυσικές Επιστήμες (S, science), Τεχνολογία (T, technology), Σπουδές Μηχανικού (E, engineering), και Μαθηματικών (M, mathematics) . Η προσπάθεια αυτής της διασύνδεσης, είναι γενικότερη και διεθνώς αποδίδεται με τα αρχικά STEM. Η μορφή που λαμβάνει αυτή η διασύνδεση, μπορεί να μεγεθύνεται πολύ περισσότερο από την παραγωγή διεπιστημονικού και διαθεματικού περιεχομένου για κάθε μία από τις συνιστώσες της, και να λαμβάνει τη μορφή μίας «εταιρικής σχέσης», στην οποία εμπλέκονται σχολεία, πανεπιστήμια, εκπαιδευτικές αρχές, γονείς, μουσεία καθώς και γενικότερα πάροχοι μη τυπικών και άτυπων μορφών μάθησης, ο κόσμος της εργασίας και τέλος οι τοπικές κοινωνίες. Η εικόνα 1 απεικονίζει αυτό το εύρος.

## Η πρό(σ)κληση του STEM Μέρος Α'

Οι προσπάθειες STEM, που συνήθως υλοποιούνται μέσω προγραμμάτων (δες MSP- MASCIL), επιδιώκουν να βελτιώσουν τα μαθησιακά επιτεύγματα, να μειώσουν σημαντικά κενά στην επίδοση, στα Μαθηματικά και στις Φυσικές Επιστήμες, μεταξύ μαθητών διαφορετικών ενδιαφερόντων αλλά και απόδοσης στα γνωστικά αυτά πεδία.

## 2 Μια ματιά στους αριθμούς (NSF, 2010)

Σήμερα στις ΗΠΑ:

- Πάνω από 900 διευθύνσεις σχολείων, με 4.200 σχολεία, εργάζονται σε επίπεδο σχολείου για τη βελτίωση της διδασκαλίας και μάθησης στο STEM.
- Αυτό σημαίνει δυνητικά περί τα 5 εκατομμύρια μαθητές.
- Αφορά περίπου 147.000 εκπαιδευτικούς όλων των βαθμίδων.
- Συμμετέχουν πάνω από 200 ιδρύματα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης.
  - Εμπλέκονται σε συνεργασίες πάνω από 2.600 μέλη ΔΕΠ, καθώς και μεταπτυχιακοί και προπτυχιακοί φοιτητές που συμβάλλουν στις προσπάθειες του STEM
- Υποστηρίζονται ενεργές συνεργασίες σε 39 πολιτείες.

Στη συνέχεια της εργασίας μας, δεν θα επιχειρηματολογήσουμε περαιτέρω για τα χαρακτηριστικά και τις διαστάσεις τέτοιων σχέσεων, αλλά θα περιοριστούμε στην θεωρητική τεκμηρίωση και στην πρακτική επίδειξη παραγωγής περιεχομένου κατάλληλου για διδασκαλίες STEM.

Και ενώ αυτά τα εντυπωσιακά νούμερα επιτυγχάνονται στην Αμερική, η Ευρώπη φαίνεται να είναι προσκολλημένη ακόμη σε παλιές διχοτομίες, με προεξάρχουσα την πολιτική της Ευρωπαϊκής Επιτροπής [3] που θεωρεί ότι:

«Στη διδασκαλία των μαθηματικών, η εκπαιδευτική κοινότητα αναφέρεται συχνά στη “Μάθηση Βασισμένη στα Προβλήματα- Problem Based Learning (PBL)” και όχι “Μάθηση Βασισμένη στη Διερώτηση - Inquiry-Based Learning (IBL)”. Στην πραγματικότητα, στα μαθηματικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα ένα πρόβλημα για την μάθηση ενώ, σε πολλές περιπτώσεις, η χρήση των πειραμάτων είναι πιο δύσκολη. ... Το IBL στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες είναι μια προσέγγιση που βασίζεται σε προβλήματα, αλλά επεκτείνεται περισσότερο με τη σπουδαιότητα της σημασίας που δίνεται στην πειραματική προσέγγιση».

### 3 Θεωρητικό πλαίσιο

Κατά τα τελευταία χρόνια, έχει υπάρξει μια αύξηση του εκπαιδευτικού ερευνητικού ενδιαφέροντος για τη διερεύνηση της δυνατότητας της ενσωμάτωσης στοιχείων των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών. Ο Hans-Georg Steiner [10] συζητώντας για τις σχέσεις των Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών διαπιστώνει ότι τα μαθηματικά και οι επιστήμες αντιμετωπίζονται ως αυτόνομα και ξεχωριστά μαθήματα του σχολείου. Επιπλέον στα αποτελέσματα των τομέων «διδασκική των μαθηματικών» και «διδασκική των φυσικών επιστημών» είναι φανερό η μη ύπαρξη κάποιου συνδετικού κρίκου. Οι Wicklein και Schell [11] σε ένα έγγραφο αναφοράς για τις διεπιστημονικές προσεγγίσεις των Μαθηματικών, των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση, καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι " ... τέτοια διεπιστημονικά έργα δημιουργούν μια θετική διαφορά σε δασκάλους και μαθητές ... με αύξηση των κινήτρων των μαθητών και μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στη μάθηση». Ο Karut [5] συζητά την αξιοποίηση της Τεχνολογίας στη σύνδεση των Μαθηματικών με αυθεντικές εμπειρίες: «Οι διαδραστικές και αναπαραστατικές δυνατότητες των Νέων Τεχνολογιών και ο πλαστικός τρόπος αξιοποίησής τους καθιστούν δυνατό το χειρισμό μιας μεγάλης ποικιλίας δύσκολων ή και αφαιρετικών μαθηματικών οντοτήτων, όπως τα γραφήματα, ως να ήταν φυσικά αντικείμενα».

#### 3.1 Γνώση του περιεχομένου από τους εκπαιδευτικούς και ποιότητα της διδασκαλίας

Η γνώση του περιεχομένου των Μαθηματικών/Φυσικών Επιστημών επηρεάζει την αξιοποίηση προσπαθειών STEM. Οι εκπαιδευτικοί που κατέχουν το περιεχόμενο στην ειδικότητά τους (Μαθηματικά/Φυσικές Επιστήμες) είναι πιο ευεπίφοροι να υιοθετήσουν λογικές STEM [4][8].

Οι λογικές STEM έχουν σοβαρό αντίκτυπο στις διδακτικές αποφάσεις των *μαθηματικών*. Συμβάλλουν στον εμπλουτισμό της διδασκαλίας με μαθηματικές αναπαραστάσεις, οι οποίες «ξεκαθαρίζουν» το εύρος μαθηματικών εννοιών, αποτρέπουν τη νόθευσή τους, ενισχύουν περαιτέρω τη κατανόηση των μαθητών, και επιτρέπουν την επέκτασή τους [13]. Επιπλέον, τέτοιες πρακτικές επικεντρώνονται λιγότερο σε αλγοριθμικές διαδικασίες ρουτίνας εστιάζοντας περισσότερο στη κατανόηση των

## Η πρό(σ)κληση του STEM Μέρος Α'

μαθηματικών εννοιών. Τα περιβάλλοντα STEM, τέλος, είναι δυνατόν να ενισχύσουν τη συνεργασία των μαθητών.

Ομοίως, στον τομέα της *Επιστήμης*, η λογική του STEM διευκολύνει τους μαθητές να θέτουν ερωτήματα, να προτείνουν εναλλακτικές εξηγήσεις, και να εμπλέκονται σε πρόσθετες διερευνήσεις. Κατά το σχεδιασμό μαθημάτων STEM οι καθηγητές φυσικών επιστημών έχουν τη δυνατότητα να οικοδομήσουν «μια ιστορία» παρουσιάζοντας τις έννοιες σε μια λογική ακολουθία [13].

Στο τομέα της τεχνολογίας τα χειροπιαστά φυσικά υλικά, όπως όγκοι, πλακάκια, μολύβια, συσκευές, είναι διδακτικά μέσα πανταχού παρόντα για την υποστήριξη της μάθησης στα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα της σχολικής ηλικίας σε όλους του πολιτισμούς. Η έρευνα έχει βοηθήσει να εντοπιστούν τα δυνητικά οφέλη από την αξιοποίησή τους, αλλά δεν έχει δυστυχώς ακόμα προσδιορίσει με σαφήνεια συγκεκριμένους μηχανισμούς μάθησης, ενώ τα διαθέσιμα εμπειρικά στοιχεία δεν μπορούν από μόνα τους να στηρίζουν προτεινόμενες πρακτικές [2]. Έχει, μάλιστα, διατυπωθεί η άποψη ότι η χρήση των διδακτικών αυτών μέσων μπορεί ακόμη και να εμποδίσει τη μάθηση. Η κατανόηση του ρόλου των χειροπιαστών υλικών, έχει λάβει νέα ώθηση με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών, όπου οι παραγόμενες αναπαραστάσεις συνήθως «χειραγωγούνται» με το ποντίκι και / ή το πληκτρολόγιο. Η εμφάνιση αυτών των «εικονικών» αναπαραστάσεων έχει καθοδηγήσει σημαντικές έρευνες και έχει δημιουργήσει μεγάλο όγκο εκπαιδευτικού λογισμικού. Εντούτοις, αν και αυτά τα εικονικά περιβάλλοντα δημιουργούν μια συναρπαστική σειρά από νέες δυνατότητες για την υποστήριξη της μάθησης, δεν είναι σαφές πώς αυτή η πιο έμμεση μορφή της διεπαφής χρήστη-υπολογιστή θα μπορούσε να επηρεάσει τη μάθηση των παιδιών σε σύγκριση με την άμεση «χειραγώγηση» των φυσικών αντικειμένων [6].

## 4 Εφαρμογή ενός πολυπαραμετρικού σεναρίου βασισμένου στα Μαθηματικά

Ακολουθώντας το πλαίσιο που αναπτύχθηκε προηγουμένως και προκειμένου να δημιουργήσουμε ποιοτικό υλικό για την υποστήριξη μιας διδασκαλίας STEM, αναπτύξαμε ένα πολυπαραμετρικό σενάριο, με κύριο υπόβαθρο τα μαθηματικά, βασισμένο στην ύλη μαθημάτων της Β' Λυκείου.

Το σενάριο παρουσιάζεται στο εννοιολογικό δίκτυο-χάρτη της εικόνας 2. Στην πρώτη κάθετη στήλη του χάρτη (με τα μωβ βέλη) παρουσιάζεται η παραδοσιακή προσέγγιση των αντικειμένων, όπου ενώ αξιοποιούνται οι

## Η πρό(σ)κλήση του STEM Μέρος Α'

ΤΠΕ και ενδεχομένως ο παλμογράφος, δεν επιδιώκεται η διασύνδεση των μαθηματικών και των φυσικών εννοιών και διαδικασιών. Στη δεύτερη στήλη του πίνακα (με τα κόκκινα βέλη και τα αρχικά S-T-E-M) θα περιγράψουμε τις κύριες διασυνδέσεις αυτού του χάρτη, όπου αξιοποιείται η προσέγγιση STEM.

### 4.1 Από το S στο T-1 και κατόπιν στο M

Από το S στο T-1 μελετάται η κίνηση των φορτισμένων σωματιδίων σε ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία με τη βοήθεια προσομοιώσεων. Οι μαθητές/τριες έχουν διδαχθεί στην Α' Λυκείου τους 3 νόμους Νεύτωνα και γνωρίζουν, ότι αν η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα είναι διάφορη του μηδενός το σώμα θα αποκτήσει επιτάχυνση, επίσης αν η συνισταμένη των δυνάμεων είναι μηδέν ή δεν ασκείται δύναμη σ' ένα σώμα, αυτό κινείται με σταθερή ταχύτητα ή ηρεμεί. Γνωρίζουν επίσης από την ύλη που έχουν διδαχθεί στο κεφάλαιο της Κινηματικής της Α' Λυκείου, τις εξισώσεις των ευθυγράμμων κινήσεων (Ομαλής και Ομαλά Επιταχυνόμενης). Τέλος έχουν μελετήσει στην Β' Λυκείου την Κυκλική Ομαλή Κίνηση και την έννοια της κεντρομόλου δύναμης. Παρ' όλα αυτά δυσκολεύονται να μεταφέρουν αυτές τις γνώσεις τους στην περίπτωση της κίνησης φορτισμένου σωματιδίου μέσα σε ομογενές ηλεκτρικό και ομογενές μαγνητικό πεδίο και με τη βοήθεια αυτής της γνώσης να μελετήσουν την κίνηση. Με τη βοήθεια κατάλληλης προσομοίωσης του λογισμικού Interactive Physics οι μαθητές μελετούν την κίνηση του ηλεκτρονίου, αφ' ενός μεν στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο, αφ' ετέρου δε στο μαγνητικό. Μέσα από τη δομή του σεναρίου και τα φύλλα εργασίας που το συνοδεύουν, δίνεται η δυνατότητα στον διδάσκοντα να προσαρμόσει το επίπεδο πολυπλοκότητας του σεναρίου ανάλογα με το επίπεδο των γνώσεων, των δυνατοτήτων και των ενδιαφερόντων των μαθητών/τριών της τάξης του. Σε κάθε περίπτωση οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των 2-3 ατόμων στους υπολογιστές του εργαστηρίου Πληροφορικής [14], όπου καλούνται να προβλέψουν το είδος και την τροχιά της κίνησης του ηλεκτρονίου με βάση τις γνώσεις τους και στη συνέχεια να επαληθεύσουν τις θεωρητικές τους προβλέψεις με τη βοήθεια της οπτικοποίησης που προσφέρει το λογισμικό Interactive Physics και να συμπληρώσουν τα φύλλα εργασίας.

Ο διδάσκων βοηθά τους μαθητές/τριες παρέχοντας, μέσω σχετικής παρουσίασης, τις απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις για τη δύναμη Lorentz και συζητώντας με την ολομέλεια της τάξης [14], τις διάφορες περιπτώσεις επίδρασης της στην κίνηση ηλεκτρονίου μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο. Ως εναλλακτική λύση για την υλοποίηση του σεναρίου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ο Διαδραστικός Πίνακας ή ο Βιντεοπροβολέας και ένας Η/Υ [1].

Με τη μελέτη των τροχιών των φορτισμένων σωματιδίων, στη κατεύθυνση των μαθηματικών γίνεται εφαρμογή των κωνικών τομών, κύκλος (εικόνα 3)

## **Η πρό(σ)κλήση του STEM Μέρος Α'**

και παραβολή (εικόνα 4), που περιγράφονται από τις τροχιές της κίνησης των φορτισμένων σωματιδίων στα πεδία [9].

### **4.2 Από το S στο E και κατόπιν στο M**

Στην κατεύθυνση της τεχνολογίας η πορεία από το S στο E εξηγεί την αρχή λειτουργίας του παλμογράφου (εικόνα 5) [12]. Ο παλμογράφος θα αξιοποιηθεί συστηματικά στη συνέχεια της εργασίας μας (από το S στο M).

### **4.3 Απο το E στο T-2 και κατόπιν στο M**

Η μετάβαση αυτή σχετίζεται, με την μετατροπή ρεαλιστικών αντικειμένων σε ψηφιακά στην περίπτωση μας αφορά την ψηφιοποίηση-οπτικοποίηση (visualization) του παλμογράφου με το λογισμικό Geogebra. Το πως αυτής της μετατροπής, καθώς και το πέρασμα στην τριγωνομετρία θα αναπτυχθούν στο Β' μέρος της παρουσίασης.

## **5 Συμπεράσματα**

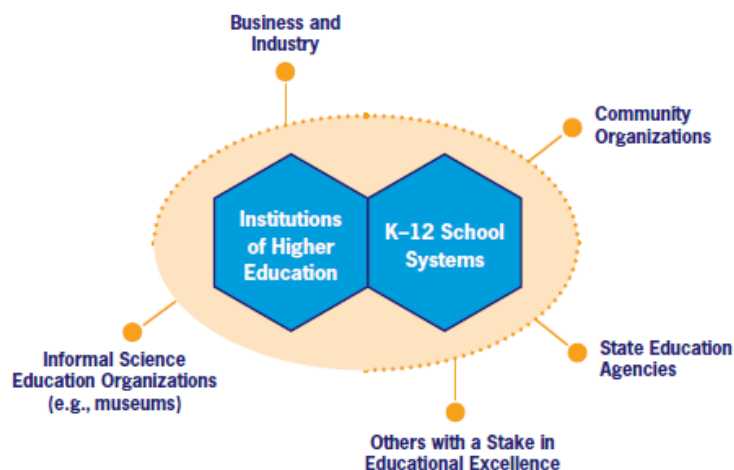
Το ακρωνύμιο STEM δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε αν αντανακλά μια «επιθετική» ενέργεια ή μια «καθυστερημένη» αντίδραση στον παραδοσιακό διαχωρισμό των ακαδημαϊκών πειθαρχιών. Φαίνεται όμως, σε κάθε περίπτωση, να αναζητά την «ανακαίνιση» των προγραμμάτων σπουδών για την επιστήμη και τα μαθηματικά. Προς την κατεύθυνση αυτή αναζητείται περιεχόμενο ανάλογων προδιαγραφών. Αυτό επιδίωξε και η παρούσα εργασία, ώστε να συνεισφέρει στον προβληματισμό και τον αναστοχασμό που παγκόσμια υπάρχει γύρω από το ακρωνύμιο αυτό.

## 6 Βιβλιογραφία

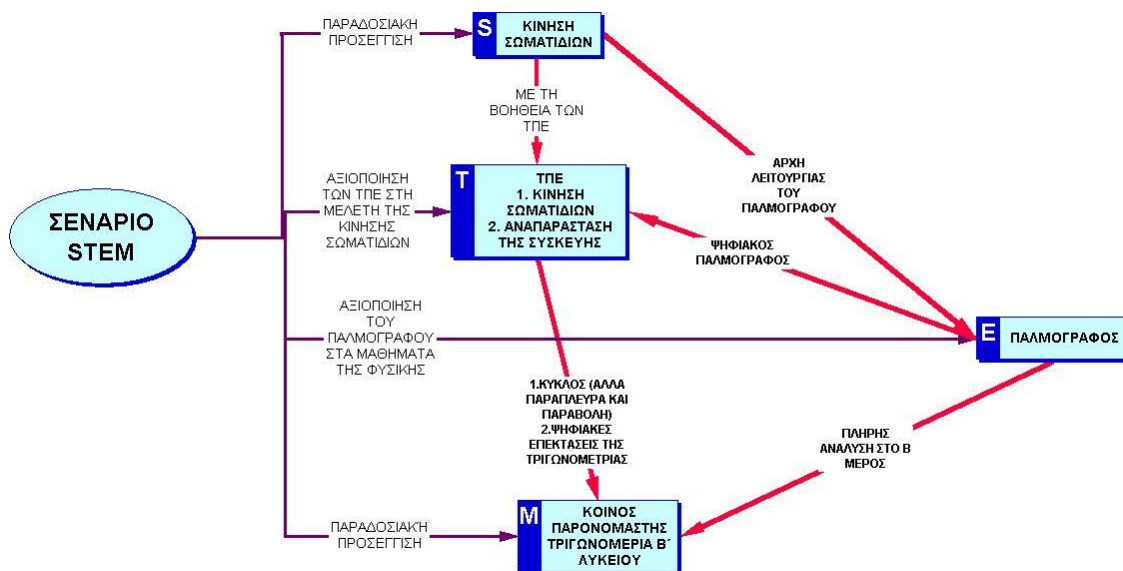
- [1] Dori Y. J., Belcher J., *How Does Technology-Enabled Active Learning Affect Undergraduate Students' Understanding of Electromagnetism Concepts?*, *The Journal of the Learning Sciences*, **14(2)** (2005), 243–279.
- [2] Gustavsson I., Nilsson K., Lago T., *On physical experiments and individual assessment of laboratory work in engineering education*, ACM, New York, 2009.
- [3] High Level Group on Science Education, *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Fortune of Europe*. Directorate-General for Research Science, Economy and Society, 2007.
- [4] Hill H. C. et al., *Mathematical Knowledge for Teaching and the Mathematical Quality of Instruction: An Exploratory Study*, *Cognition and Instruction*, **26(4)** (2008), 430-511.
- [5] Kaput J., *The Representational Roles of Technology in Connecting Mathematics with Authentic Experience*, Kluwer, 1994.
- [6] Li Q., *Student and Teacher Views About Technology: A Tale of Two Cities?*, *Journal of Technology Education*, **39(4)** (1995), 377-397.
- [7] NSF, *MSP, Maths and Science Partnerships*, 2010.
- [8] Roehrig G., Luft J., *Constraints experienced by beginning secondary science teachers in implementing scientific inquiry lessons*, *International Journal of Science Education*, **26,1** (2004), 3-24.
- [9] Serway R., *Physics for scientists and engineers*, τόμος 1, μετάφραση: Λ Πεσβάνης, 1990.
- [10] Steiner H., *Needed cooperation between science education and mathematics education*, *ZDM*, **22(6)** (1990).
- [11] Wicklein R, Schell J., *Case studies of multidisciplinary approaches to integrating mathematics, science, and technology education*, *Journal of Technology Education*, **6(2)** (1995), 59-76.
- [12] Ιωάννου Α., Ντάνος Ι., Πήττας Α., Ράπτης Σ., *Φυσική Θετικής & Τεχνολογικής Κατεύθυνσης Β! Λυκείου*, ΙΤΥΕ "ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ", 2013.
- [13] Μπουμπούλης Π., Τσαντίλας Σ., Πολυζώης Γ., Χαρατζόπουλος Π., *Η πρό(σ)κλήση του STEM Μέρος Β' - Διδάσκοντας Τριγωνομετρία με χρήση Παλμογράφου*, Αθήνα, 2014.

## Η πρό(σ)κληση του STEM Μέρος Α'

[14] Πολέμη-Τοδούλου Μ., *Η Αξιοποίηση της Ομάδας στην Εκπαίδευση Ενηλίκων*, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2005.



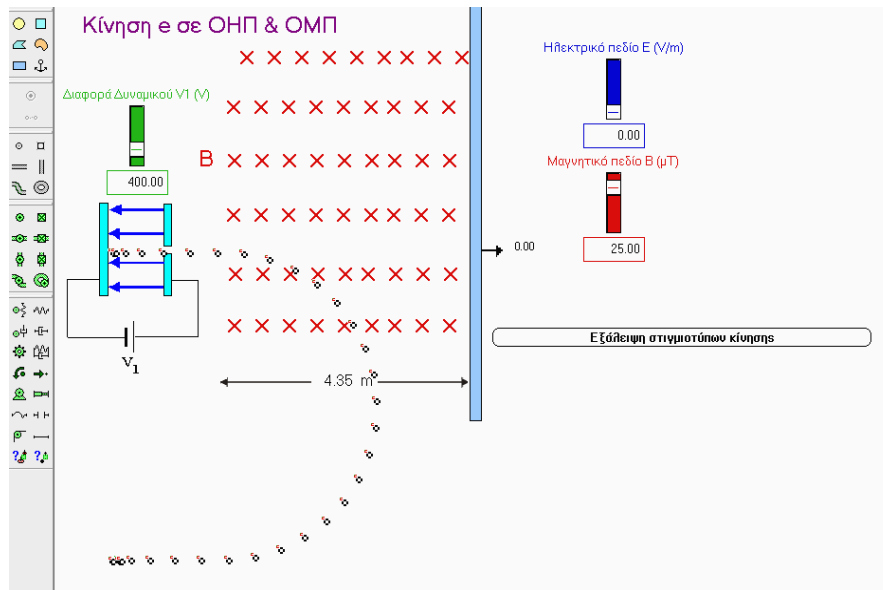
Εικόνα 1.



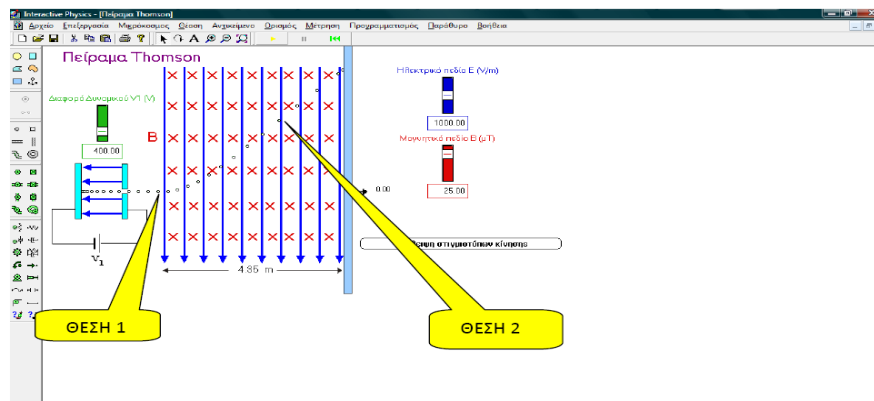
Εικόνα 2.



## Η πρό(σ)κλήση του STEM Μέρους Α'

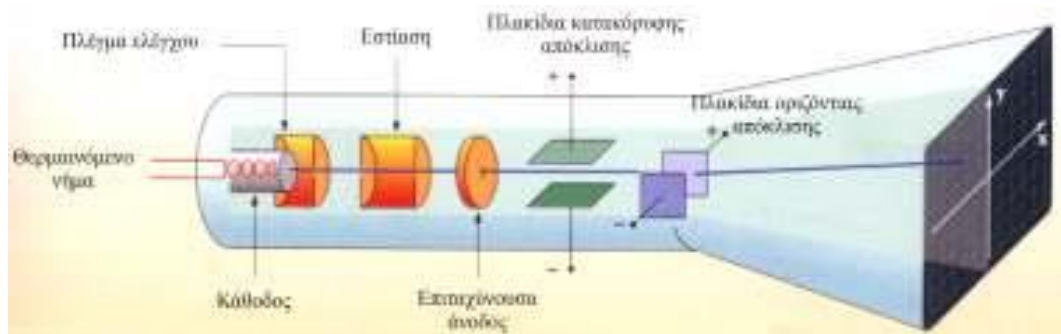


Εικόνα 3.



Εικόνα 4.

## Η πρό(σ)κλιση του STEM Μέρος Α'



Εικόνα 5.