

Σχέδιο Μαθήματος**Ηλεκτρικό πεδίο και ένταση ηλεκτρικού πεδίου****Β Λυκείου Γ.Π.**

Συγγραφέας Δρ. Χ. Φανίδης

Εμπλεκόμενες γνωστικές περιοχές**Γνωστικό/-ά αντικείμενο/-α του σεναρίου - σχεδίου διδασκαλίας**

Φυσική Γενικής Παιδείας Β Λυκείου βάσει του τροποποιημένου (σχολικό έτος 2012-2013) Προγράμματος Σπουδών.

Ιδιαίτερη περιοχή του γνωστικού αντικείμενου.**«3.1 Δυνάμεις μεταξύ ηλεκτρικών φορτίων»****Υποενότητες :** Ηλεκτρικό πεδίο. - Ένταση - Δυναμικές γραμμές.**Εκτιμώμενη διάρκεια**

Η διδακτική παρέμβαση προβλέπεται να διαρκέσει δύο διδακτικές ώρες.

Σκοπός και στόχοι του σεναρίου.**Γενικός σκοπός**

Κατανόηση της ανάγκης εισαγωγής της έννοιας του πεδίου για την περιγραφή δράσεων από απόσταση. Χρήση της Ιστορίας των Επιστημών για την σταδιακή οικοδόμηση της έννοιας του πεδίου. Γνώση των γενικών χαρακτηριστικών που χαρακτηρίζουν κάθε πεδίο. Εμπέδωση της ανάγκης περιγραφής του πεδίου με τρόπο ανεξάρτητο του υποθέματος. Κατανόηση και δυνατότητα χρήσης του φυσικού μεγέθους ένταση για την περιγραφή του πεδίου.

Επιμέρους στόχοι ως προς το γνωστικό αντικείμενο και την μαθησιακή διαδικασία.**Γνώσεις:****1^η διδακτική ώρα**

1. Να ορίζουν τα χαρακτηριστικά που περιγράφουν την έννοια πεδίο. Κυρίως ότι μέσω του πεδίου περιγράφουμε δράσεις από απόσταση χωρίς να απαιτείται η παρουσία ύλης για την διάδοση της δράσης.
2. Να ορίζουν την έννοια πηγή πεδίου και υπόθεμα για την ανίχνευση του πεδίου καθώς και τα σχετικά τους μεγέθη.
3. Να κατονομάζουν διαφορετικά πεδία, τα αίτια που τα δημιουργούν και τα υποθέματα που τα ανιχνεύουν.
4. Να ορίζουν το ηλεκτρικό πεδίο.
5. Να αιτιολογούν γιατί η ηλεκτρική δύναμη δεν είναι κατάλληλη για την περιγραφή του ηλεκτρικού πεδίου.

2^η διδακτική ώρα

6. Να ορίζουν το φυσικό μέγεθος ένταση ηλεκτρικού πεδίου και την μονάδα του και να αιτιολογούν γιατί είναι κατάλληλο μέγεθος για την περιγραφή του ηλεκτρικού πεδίου.
7. Να αναφέρουν ότι το φυσικό μέγεθος ένταση πεδίου χρησιμοποιείται και για το βαρυτικό πεδίο και να κατονομάζουν το g ως ένταση του βαρυτικού πεδίου.
8. Να σχεδιάζουν τα διανύσματα της έντασης γύρω από θετικό και από αρνητικό σημειακό φορτίο.

9. Να μπορούν να υπολογίζουν ένα από τα φυσικά μεγέθη ένταση E , δύναμη F , φορτίο q όταν είναι γνωστά τα άλλα δύο.
10. Να μπορούν να σχεδιάζουν την διεύθυνση της δύναμης σε θετικό ή σε αρνητικό φορτίο όταν δίνεται το διάνυσμα της έντασης σε σημείο.
11. Να σχεδιάζουν το διάνυσμα της έντασης χρησιμοποιώντας την αρχή της επαλληλίας σε σημεία επί της ευθείας των φορτίων και σε σημεία εκτός της ευθείας των φορτίων.
12. Να υπολογίζουν την ένταση από δύο σημειακά φορτία σε σημεία επί της ευθείας που περνά από τα δύο φορτία.

Ικανότητες:

1. Να εξηγούν ότι στην Φυσική μία έννοια οικοδομείται σταδιακά και πολλές φορές απαιτήθηκαν αιώνες μέχρι να πάρει την σημερινή της μορφή.
2. Να χρησιμοποιούν φυσικά μεγέθη για να περιγράφουν έννοιες της Φυσικής.
3. Να κάνουν από μνήμης ποσοτικούς υπολογισμούς σε μεταβολές σε ευθέως ανάλογα και αντιστρόφως ανάλογα φυσικά μεγέθη.

Στάσεις:

Οι μαθητές και οι μαθήτριες μαθαίνουν :

1. Να συνεργάζονται και να υπερασπίζονται την άποψή τους με επιχειρήματα.
2. Να αναμορφώνουν εσφαλμένες, παγιωμένες, απόψεις τους στηριζόμενοι σε νέα δεδομένα.
3. Να στέκονται κριτικά απέναντι στην τρέχουσα επιστημονική γνώση μαθαίνοντας ότι αυτή συνέχεια αναμορφώνεται και βελτιώνεται μέσα από καινούργιες ανακαλύψεις.

Προτεινόμενη διδακτική μέθοδος

Εμπλουτισμένη διδασκαλία με χρήση ιστορικών στοιχείων, δρώμενου αναπαράστασης φυσικών μεγεθών από τους διδασκόμενους και προσομοίωσης.

Σε συγκεκριμένα σημεία της διδασκαλίας εφαρμόζεται η ομαδοσυνεργατική μέθοδος. Οι διδασκόμενοι καλούνται να επιχειρηματολογήσουν για τις απόψεις τους και να τις αναμορφώσουν μέσα από συζήτηση.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ του ΣΧΕΔΙΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

1^η διδακτική ώρα.

Ορισμός του ηλεκτρικού πεδίου

1. Ο διδάσκων ρωτά τους διδασκόμενους να του πούν τι νομίζουν ότι είναι ένα πεδίο. Σημειώνουν τις απόψεις τους στο φύλλο εργασίας.
2. Ανακοινώνουν τις απόψεις τους σύντομα στην τάξη και ο διδάσκων δίνοντας έναν πρώτο ορισμό του πεδίου εξηγεί ότι η έννοια πεδίο στην σύγχρονη Φυσική χρησιμοποιείται για να περιγράψει την έννοια της **δράσης σε κάθε σημείο του χώρου γύρω από κάποια πηγή του πεδίου, είτε γύρω από την πηγή υπάρχει ύλη είτε δεν υπάρχει (κενό)**. Το πεδίο ανιχνεύεται με αντικείμενο που το λέμε υπόθεμα που είναι διαφορετικό ανάλογα με το πεδίο όμως **το πεδίο υπάρχει ακόμη και αν δεν υπάρχει το υπόθεμα**. Αν σε σημείο εμφανιστεί πηγή του πεδίου το πεδίο διαδίδεται με καθορισμένη (όχι άπειρη) ταχύτητα. (7 λεπτά)

3. Οι μαθητές σημειώνουν στο Φ.Ε. παραδείγματα πεδίων και ο διδάσκων συμπληρώνει τα αίτια που τα δημιουργούν και τα υποθέματα που τα ανιχνεύουν. (7 λεπτά)

4. Ο διδάσκων **οικοδομεί** βήμα-βήμα τα κύρια σημεία της έννοια «πεδίο» κάνοντας μιά **σύντομη** ιστορική αναδρομή για την εισαγωγή της έννοιας στην Φυσική. Καθώς αφηγείται οι διδασκόμενοι, συνεργαζόμενοι ανά θρανίο, σημειώνουν στο Φ.Ε. δίπλα από τον κάθε επιστήμονα ποια ήταν η συνεισφορά του. (μέγιστο 15 λεπτά)

α. «Πηγή του πεδίου»

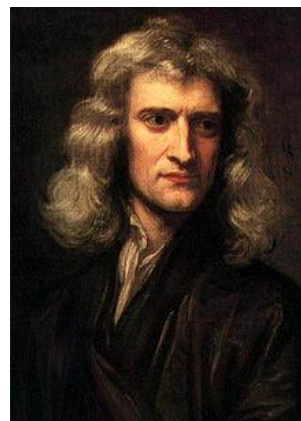
Αναφέρει την αρχική χρήση της έννοιας του πεδίου ως «ζώνη επιρροής» **γύρω από ένα σώμα** και σε κάποια απόσταση γύρω από αυτό. Τα αντικείμενα στα οποία αρχικά αποδιδόταν μια τέτοια ιδιότητα ήταν οι μαγνήτες και η σελήνη. Επιβεβαιώνει την γνώση από τον 9^ο αιώνα της επίδρασης της σελήνης (πηγή) στην δημιουργία παλιρροιών στα νερά των ωκεανών (υπόθεμα) (Abu Ma'shar "Kitab al-madkhal al- kabit" «Μεγάλη εισαγωγή στην επιστήμη της αστρολογίας» -πίνακες σεληνιακών παρατηρήσεων και παλιρροιών-).



β. «Δράση από απόσταση»

Εξηγεί ότι η δράση από απόσταση είναι χαρακτηριστικό του πεδίου και θεμελιώθηκε μαθηματικά από τον Νεύτωνα με τον νόμο της παγκόσμιας έλξης (βαρυτική αλληλεπίδραση).

Τονίζει όμως ότι η επικρατούσα άποψη στα χρόνια του Νεύτωνα (1700) αλλά ακόμη και του Faraday (1850) είναι ότι **η δράση από απόσταση είναι αδύνατη αν ανάμεσα στα σώματα δεν παρεμβάλλεται ύλη**. Και αυτό γιατί πίστευαν ότι αφού η βαρυτική έλξη είναι εγγενής ιδιότητα της ύλης «η ύλη δεν μπορεί να δράσει εκεί που δεν υπάρχει» "matter cannot act where it is not".



That gravity should be innate, inherent and essential to matter, so that **one body may act upon another at a distance through a vacuum**, without the mediation of anything else by which their action and force may be conveyed from one to another, is to me **so great an absurdity that I believe no man who has in philosophical matters a competent faculty of thinking can ever fall into it.**

(Από γράμμα του Newton στον Bentley)

γ. **Μαθηματική θεώρηση του πεδίου.** «Ο χώρος σε κάθε σημείο του οποίου ένα φυσικό μέγεθος παίρνει κάποια τιμή».

Εμπλουτίζει την έννοια του πεδίου εξηγώντας ότι για πρώτη φορά ο Euler επεκτείνει την έννοια του πεδίου από «ζώνη επιρροής» σε **περιοχή του χώρου σε κάθε σημείο του οποίου κάποιο φυσικό μέγεθος παίρνει κάποια τιμή**. Αυτό γίνεται στην θεωρία του για τα ρευστά (Mechanica 1736) όπου σε αυτήν ο Euler χαρακτηρίζει κάθε σημείο μέσα στο ρευστό με την ταχύτητα κίνησης του ρευστού.



δ. «Η ύλη δεν είναι απαραίτητη για την διάδοση της δράσης».

Τονίζει την συμβολή του Faraday στην τελική διαμόρφωση της έννοιας του πεδίου. Αναφέρει ότι ο Faraday μελετώντας ηλεκτρικά και μαγνητικά φαινόμενα εισήγαγε την έννοια «των γραμμών της μαγνητικής δύναμης» που δρουν σε κάθε σημείο του χώρου χωρίς να είναι η ύλη φορέας της δράσης όπως πίστευαν ότι ήταν για τα βαρυτικά φαινόμενα. Δηλ. η δράση της μαγνητικής δύναμης διαδίδεται στον χώρο και δεν ήταν υπεύθυνη η ύλη για την διάδοση αυτή.

«Δεν πρέπει να αναμειγνύουμε τον χώρο με την ύλη.» "One must not confound space with matter";.

«Ο χώρος δεν μπορεί να δρα όπως δρα η ύλη» "mere space cannot act as matter acts."

Faraday, *Experimental Researches*, vol. 3, p. 194

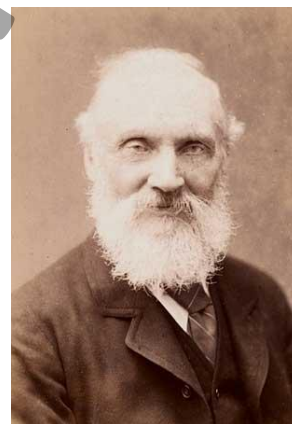


5. Αναφέρει τον πρώτο ορισμό για το πεδίο όπως δίνεται το 1851 από τον William Thomson (Lord Kelvin).

"Any space at every point of which there is a finite magnetic force is called 'a field of magnetic force' or simply 'a field of force,' or sometimes 'a magnetic field'.

William Thomson, "On the theory of magnetic induction in crystalline and non-crystalline

substances," *Philosophical Magazine* 1, (1851), 177-186.



6. Δύο μαθητές από ένα θρανίο ανακεφαλαιώνουν και ανακοινώνουν συνοπτικά στην τάξη την συνεισφορά κάθε επιστήμονα στην έννοια του πεδίου.

7. Χρησιμοποιώντας όλα τα παραπάνω στοιχεία ο διδάσκων ορίζει το ηλεκτρικό πεδίο.

Περιγραφή του ηλεκτρικού πεδίου.

8. Ο διδάσκων καθοδηγεί ένα δρώμενο για να κατανοήσουν οι μαθητές την περιγραφή του ηλεκτρικού πεδίου καθώς και την ανάγκη εισαγωγής της έννοιας της έντασης. Εξηγεί ότι θα περιγράψουν το πεδίο γεμίζοντας τον χώρο με βέλη που θα δείχνουν την διεύθυνση και το μέτρο της δύναμης που θα ασκήσει το πεδίο σε ένα συμφωνημένο υπόθεμα. (20 λεπτά)

Περιγραφή με δυνάμεις.

α. Ορίζει έναν μαθητή ως το φορτίο πηγή του ηλεκτρικού πεδίου και του αποδίδει φορτίο $Q=+2C$. Ο μαθητής στέκεται στο μέσο της αίθουσας κρατώντας το φορτίο του (π.χ. μια κασετίνα)

β. Εξηγεί ότι κάποιοι μαθητές θα παίξουν τον ρόλο του υποθέματος και ζητά την γνώμη των μαθητών για το αν επηρεάζει το πρόσημο του υποθέματος την περιγραφή του πεδίου με δυνάμεις.

Μετά από συζήτηση ο διδάσκων προτείνει το υπόθεμα να είναι θετικό.

γ. Μοιράζει σε τέσσερις μαθητές από ένα φύλλο χαρτί A4 στο οποίο είναι σχεδιασμένο ένα βέλος (τα βέλη είναι ίσα). Τους αποδίδει φορτίο $q=+1.10^{-9}C$ και τους ζητά να σταθούν περιμετρικά γύρω από το Q, σε σωστή (κατ' εκτίμηση) απόσταση, ώστε η δύναμη που τους ασκεί το φορτίο πηγή να είναι 18N.

Αναφέρει ότι το υπόθεμα πρέπει να είναι πολύ μικρότερο από το φορτίο πηγή ώστε να μην επηρεάζει το πεδίο του φορτίου Q.

δ. Τους ζητά να κρατήσουν τα βέλη με την σωστή διεύθυνση.

ε. Αλλάζει το πρόσημο του φορτίου Q και τους ζητά να δείξουν σωστά με τα βέλη την διεύθυνση της δύναμης.

στ. Ρωτά την τάξη να αποφανθεί τι θα συμβεί στο μέτρο και στην διεύθυνση των δυνάμεων-βελών αν οι μαθητές/τριες υποθέματα q μετακινηθούν πιο μακριά από, ή πιο κοντά στο, φορτίο πηγή Q .

ζ. Ζητά από τους μαθητές να φανταστούν τον χώρο γεμάτο με διανύσματα δυνάμεων με την σχέση μέτρων σε σωστή αναλογία και με σωστή φορά και να σχεδιάσουν στο Φ.Ε. την εικόνα (σε δύο διαστάσεις) για θετικό φορτίο-πηγή Q και αρνητικό φορτίο.

Η ανάγκη εισαγωγής της έννοιας της έντασης.

η. Ο διδάσκων μεταβάλλει το «φορτίο» των μαθητών/τριών υποθεμάτων σε $q_1 = +0,5 \cdot 10^{-9} \text{C}$ και τους ζητά να σταθούν στις αρχικές τους θέσεις.

θ. Ρωτά την τάξη τι θα συμβεί στα διανύσματα των δυνάμεων τώρα που το φορτίο των «υποθεμάτων» έπεσε στο μισό.

ι. Η τάξη αποφαινεται ότι τώρα η δύναμη στα ίδια σημεία με προηγουμένως είναι η μισή (9N) Οι μαθητές-υποθέματα διπλώνουν τα χαρτιά A4 που κρατούν στην μέση (μισή δύναμη=μισό διάνυσμα) και «περιγράφουν» το πεδίο.

ια. Οι διδασκόμενοι σχεδιάζουν στο Φ.Ε. τα διανύσματα δύναμης σε υπόθεμα q και $q/2$.

ιβ. Ρωτά την τάξη ποιο κατά την γνώμη τους είναι το πρόβλημα στην περιγραφή του πεδίου με τα διανύσματα της δύναμης.

ιγ. Αναγγέλει ότι στο επόμενο μάθημα θα εισάγουν ένα νέο φυσικό μέγεθος που περιγράφει το πεδίο ανεξάρτητα από το υπόθεμα.

2^η διδακτική ώρα.

1. Ο διδάσκων ζητά από τους μαθητές να ανακαλέσουν τον ορισμό του ηλεκτρικού πεδίου που έμαθαν στο προηγούμενο μάθημα.

2. Τους ρωτά να επισημάνουν ποιο ήταν το πρόβλημα της περιγραφής του πεδίου με δυνάμεις. (7 λεπτά)

Ορισμός της έντασης

3. Ορίζει την έννοια **ένταση πεδίου** ως δύναμη ανά μονάδα υποθέματος.

4. Εξηγεί ότι στο ηλεκτρικό πεδίο αυτή ορίζεται ως $E = F/q$ όπου το q είναι θετικό φορτίο και ορίζει την μονάδα της. Δίνεται προσοχή στο διανυσματικό χαρακτήρα του φυσικού μεγέθους. (10 λεπτά)

Ένταση πεδίου σημειακού φορτίου

5. Οι μαθητές συνεργαζόμενοι ανά δύο υπολογίζουν το μέτρο της έντασης για την περίπτωση πεδίου σημειακού φορτίου Q . Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται από κάποιον μαθητή/τρια στην τάξη. (10 λεπτά)

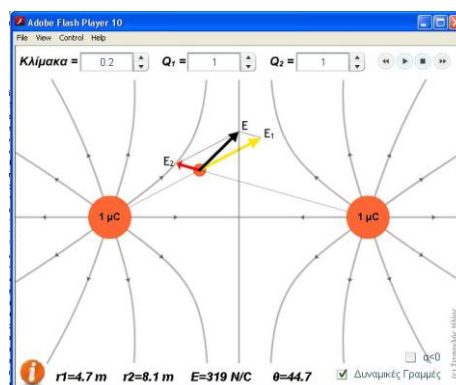
6. Ο διδάσκων επισημαίνει ότι **η ένταση είναι ανεξάρτητη από το υπόθεμα**.

7. Επεκτείνει την εφαρμογή της έννοιας της έντασης εξηγώντας ότι στο βαρυτικό πεδίο η ένταση είναι το γνωστό g εφόσον $g = W/m$ (δύναμη διά υπόθεμα). (5 λεπτά)

Περιγραφή του πεδίου με το διάνυσμα της έντασης.

8. Οι μαθητές σχεδιάζουν στο Φ.Ε. το ηλεκτρικό πεδίο από ένα θετικό και κατόπιν από ένα αρνητικό φορτίο χρησιμοποιώντας τα διανύσματα της έντασης. (5 λεπτά)

9. Ο διδάσκων ζητά από τους μαθητές να ανακαλέσουν και να διατυπώσουν την αρχή της επαλληλίας (που είχε αναφερθεί στην δύναμη Coulomb) και επιδεικνύει την εφαρμογή της στον υπολογισμό της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου χρησιμοποιώντας την προσομοίωση electricField.swf του Η. Σιτσανλή. (5 λεπτά)



Χρήση της έντασης σε υπολογιστικά προβλήματα

10. Οι μαθητές συνεργαζόμενοι ανά θρανίο απαντούν ερωτήσεις κατανόησης για την σχέση έντασης και δύναμης στο ηλεκτρικό πεδίο στο Φ.Ε. (από το σχολικό βιβλίο τις ερωτήσεις 11, 12, 13 και το πρόβλημα 11). Οι απαντήσεις ανακοινώνονται στην τάξη και οι σωστές επιλέγονται μετά από συζήτηση. (10 λεπτά)

11. Ως άσκηση για το σπίτι οι μαθητές εφαρμόζουν τη αρχή της επαλληλίας σε σχετικές ερωτήσεις ή προβλήματα (ερώτηση 15 και πρόβλημα 10, 11, 12, 13).

Υλικοτεχνική Υποδομή

1. Υπολογιστής συνδεδεμένος με βιντεοπροβολέα.
2. Προσομοίωση `electricField.swf` του Η. Σιτσανλή.
3. Φύλλα Α4 με σχεδιασμένα βέλη.

Βιβλιογραφία

Ernan McMullin, The Origins of the Field Concept in Physics, *Phys. perspect.* 4 (2002) 13-39, Birkhauser Verlag, Basel, 2002.