Σενάριο διδασκαλίας - Σχέδιο Μαθήματος

**ο 3ος νόμος της κίνησης**

Διερευνητική προσέγγιση μέσω βιωματικών δραστηριοτήτων, κλασσικών πειραμάτων και αξιοποίησης ΤΠΕ.

Γνωστικό αντικείμενο: Φυσική Α Λυκείου.

Περιοχή γνωστικού αντικειμένου: Η δυναμική του υλικού σημείου.  
Θεματική ενότητα: Οι Νευτωνικοί νόμοι της κίνησης - ο 3ος νόμος (κεφ. 1.3.1).

Στόχοι ως προς το γνωστικό αντικείμενο:

1. Οι μαθητές/μαθήτριες να είναι σε θέση να διατυπώνουν τον 3ο νόμο της κίνησης και να τον συσχετίζουν με την αμοιβαία αλληλεπίδραση μεταξύ δύο σωμάτων.
2. Να κατανοήσουν ότι κάθε αλληλεπίδραση μεταξύ 2 σωμάτων περιγράφεται από ένα ζευγάρι δυνάμεων.
3. Να εφαρμόζουν τον 3ο νόμο της κίνησης αναγνωρίζοντας πως τα μέτρα των δυνάμεων σε κάθε αλληλεπίδραση είναι ίσα, αλλά η επιτάχυνση των σωμάτων εξαρτάται και από την αδράνειά τους.
4. Να σχεδιάζουν τις δυνάμεις που ασκούνται στα σώματα κατά την εξέλιξη των φαινομένων.
5. Να αναγνωρίζουν τα ζευγάρια δυνάμεων «δράσης-αντίδρασης» σε κάθε αλληλεπίδραση.

Στόχοι ως προς τις ικανότητες:

1. Οι μαθητές και οι μαθήτριες να είναι σε θέση να ακολουθούν τις οδηγίες του φύλλου εργασίας.
2. Να αναπτύξουν δεξιότητες στο εργαστήριο αξιοποιώντας το κλασσικό πείραμα και τα ΤΠΕ (video, προσομοιώσεις) ως διδακτικά εργαλεία.
3. Να εξασκηθούν στην εκτίμηση μεγεθών, στις μετρήσεις και στην επεξεργασία τους για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Στόχοι ως προς τις στάσεις:

1. Να αναπτύξουν ενδιαφέρον για της φυσικές επιστήμες συσχετίζοντας τα γνωστικά αντικείμενα με φαινόμενα της καθημερινής ζωής.
2. Να εξασκηθούν στη συνεργατική εργασία.

Γνωσιακές προϋποθέσεις:   
Οι μαθητές πρέπει να είναι σε θέση:

1. Να αναγνωρίζουν τα φαινόμενα «ευθύγραμμη ομαλή κίνηση» και «ευθύγραμμη ομαλώς μεταβαλλόμενη κίνηση» και να χειρίζονται τις αντίστοιχες εξισώσεις κινηματικής.
2. Να εφαρμόζουν τον 1ο και τον 2ο νόμο της κίνησης.

Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών - συνηθισμένες παρανοήσεις:

1. Σε μία αλληλεπίδραση μεταξύ δύο σωμάτων, η δύναμη που ασκεί το σώμα με τη μεγαλύτερη μάζα (βάρος) είναι και η μεγαλύτερη.
2. Όταν κάποιος σπρώξει ένα αρχικά ακίνητο σώμα, αυτό θα μετακινηθεί, γιατί η δύναμη που του ασκείται είναι μεγαλύτερη από τη δύναμη που αυτό ασκεί.
3. Υπάρχει σύγχυση μεταξύ της δύναμης που ασκείται σε ένα σώμα και του αποτελέσματος που έχει η δύναμη στο σώμα.
4. Οι δύο δυνάμεις που συνιστούν το ζεύγος «δράσης - αντίδρασης» ασκούνται στο ίδιο σώμα.
5. Μόνον οι ζωντανοί οργανισμοί ασκούν δυνάμεις.
6. Ένα σώμα «έχει» δύναμη, ή ασκεί δύναμη, μόνον όταν κινείται.
7. Η ισορροπία ενός σώματος είναι συνέπεια του 3ου νόμου της κίνησης.
8. Στον σχεδιασμό δυνάμεων υπάρχει σύγχυση μεταξύ ταχύτητας και δύναμης: επειδή το σώμα κινείται, θεωρούν ότι του ασκείται ακόμα δύναμη από το χέρι μας, αν και δεν το σπρώχνουμε πιά.

Υλικοτεχνική υποδομή

Όργανα-αντικείμενα

Εισαγωγή: ορθοστάτες, νήμα, πεταλοειδής μαγνήτης, σιδερένιο καρφί, σφαίρα (σφαιροβολίας, μάζας 6,2 kg), μπαλάκι πίνγκ-πόνγκ (μάζας 2,3 g).

1η δραστηριότητα: 8 δυναμόμετρα.

2η δραστηριότητα: 2 ζεύγη πατίνια (rollers), μετροταινία, 2 χρονόμετρα.

3η δραστηριότητα: 2 αμαξίδια εργαστηρίου (μάζας 700 g), το ένα με έμβολο, κόλλες Α4, 2 εμπόδια.

4η δραστηριότητα: 1 ζευγάρι πατίνια (rollers), 1 μπάλα (medicine ball).

Εκπαιδευτικά μέσα

* Σε οθόνη προβάλλονται διαφάνειες power point βοηθητικές ως προς τη 2η και 4η δραστηριότητα και ως προς την ερώτηση 2 του φύλλου αξιολόγησης. Επίσης, προβάλλονται 3 video για την 4η δραστηριότητα και προσομοιώσεις για την 3η δραστηριότητα και την ερώτηση 1 του φύλλου αξιολόγησης.
* Δίνεται φύλλο εργασίας.

Προτεινόμενη διάρκεια: προτείνονται 2 διδακτικές ώρες (75 έως 90 λεπτά).

Περιγραφή διδασκαλίας:

Εισαγωγή (διάρκεια έως 10 λεπτά):

1. Ο διδάσκων διατυπώνει τον 3ο νόμο της κίνησης. Τονίζει την έννοια «αλληλεπίδραση» και το ότι κάθε αλληλεπίδραση περιγράφεται από ένα ζευγάρι δυνάμεων.
2. Δίνει παραδείγματα αλληλεπιδράσεων.
3. Κάνει τη διάκριση ανάμεσα στο ότι ο 1ος και ο 2ος νόμος αναφέρονται σε ένα σώμα στο οποίο ασκούνται (ή δεν ασκούνται) δυνάμεις, ενώ ο 3ος νόμος αναφέρεται σε δυνάμεις που ασκούνται σε δύο διαφορετικά σώματα.
4. Με τα ακόλουθα παραδείγματα αλληλεπίδρασης θέτει το ερώτημα: «ποιά δύναμη είναι μεγαλύτερη;»:
   1. Κατά την έλξη ανάμεσα σε ένα καρφί και ένα μαγνήτη που κρέμονται με νήματα από ορθοστάτες.
   2. Κατά τη σύγκρουση σφαιρών άνισων μαζών (βαρών).

Δραστηριότητες (οι μαθήτριες/μαθητές εργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων).

1η δραστηριότητα (διάρκεια έως 5 λεπτά):  
Οι μαθητές ανά ζευγάρια χρησιμοποιούν τα δυναμόμετρα που υπάρχουν στους πάγκους συνδέοντάς τα μεταξύ τους και είτε τραβούν και οι δύο ταυτόχρονα, είτε κάθε φορά ο ένας από τους δύο, συγκρίνοντας σε κάθε περίπτωση τις ενδείξεις των δυναμομέτρων.

Καταγράφουν τις ενδείξεις στο φύλλο εργασίας, συμπεραίνοντας ότι οι ενδείξεις των δυναμομέτρων είναι ίδιες σε κάθε περίπτωση, επομένως και η δύναμη που ο ένας μαθητής ασκεί στον άλλον μέσω των δυναμομέτρων.

2η δραστηριότητα (διάρκεια έως 20 λεπτά):  
Δύο παιδιά σε πατίνια: το παιδί 1 σπρώχνει το παιδί 2. Τα παιδιά κινούνται διανύοντας ίσες αποστάσεις σε διαφορετικούς χρόνους, τους οποίους και μετράμε με τα χρονόμετρα.

Σκοπός της δραστηριότητας δεν είναι να γίνουν ακριβείς μετρήσεις, αλλά περισσότερο να μπορέσουν οι μαθητές να κάνουν, παρατηρώντας το φαινόμενο, σύγκριση των ταχυτήτων των δύο σωμάτων, επομένως και των επιταχύνσεων που απέκτησαν κατά τη διάρκεια της επαφής, να δώσουν ερμηνεία στο γιατί αποκτούν αυτές τις ταχύτητες, και στη συνέχεια, εφαρμόζοντας σχέσεις κινηματικής, να καταλήξουν προσεγγιστικά σε μιά σχέση μεταξύ των δυνάμεων της αλληλεπίδρασης.  
Ζητείται από τους διδασκόμενους:

1. Να παρατηρήσουν το φαινόμενο και να δώσουν μιά πιθανή εξήγηση (1α).
2. Να σημειώσουν τις δυνάμεις που ασκούνται στα σώματα κατά την επαφή τους και μετά την επαφή (1β), θεωρώντας πως δεν υπάρχουν δυνάμεις τριβής κατά την κίνησή τους. (Στη συνέχεια προβάλλεται σε διαφάνεια ο σχεδιασμός των δυνάμεων).
3. Να αναγνωρίσουν τις δύο κινήσεις και εφαρμόζοντας τους νόμους της κίνησης να απαντήσουν στα ερωτήματα 1γ και 1δ σχετικά με την επιτάχυνση που αποκτούν τα σώματα.
4. Να επεξεργασθούν τα αποτελέσματα της μέτρησης (ερωτήσεις 2 και 3) και εφαρμόζοντας εξισώσεις κινηματικής να βγάλουν συμπέρασμα:
   1. για τον λόγο των ταχυτήτων κατά την ομαλή κίνηση των δύο σωμάτων, και
   2. για τον λόγο των επιταχύνσεων που αποκτούν κατά τη διάρκεια της επαφής τους.
5. Να συγκρίνουν τους λόγους επιταχύνσεων και μαζών και να βγάλουν συμπεράσματα για τη σχέση μεταξύ των μέτρων των δυνάμεων που ασκήθηκαν μεταξύ των δύο σωμάτων (ερώτηση 4).   
   (Προβάλλεται διαφάνεια βοηθητική της επεξεργασίας).

3η δραστηριότητα (διάρκεια έως 15 λεπτά):  
Ο διδάσκων θέτει το ερώτημα «τί διαφορετικό θα συνέβαινε, εάν οι 2 μαθήτριες είχαν την ίδια μάζα;». Στη συνέχεια πραγματοποιεί το πείραμα επίδειξης.

1. Χρησιμοποιώντας δύο αμαξίδια εργαστηρίου ίσων μαζών (το ένα με έμβολο) και εμπόδια σε ίσες αποστάσεις από τα αμαξίδια, απελευθερώνει το συμπιεσμένο έμβολο. Οι μαθητές παρατηρούν τα αμαξίδια να φθάνουν στα εμπόδια σε ίσους χρόνους και συμπληρώνουν τις λέξεις που λείπουν από το αντίστοιχο κείμενο (παράγραφος 1).
2. Διπλασιάζοντας τη μάζα του ενός αμαξιδίου και πρίν εκτελέσει το πείραμα, καλεί τους μαθητές να απαντήσουν, επιλέγοντας τη σωστή πρόταση, τί θα αλλάξει με τη μεταβολή της μάζας και να προβλέψουν την απόσταση που θα διανύσουν τα αμαξίδια σε ίσους χρόνους αιτιολογώντας την απάντησή τους στο φύλλο εργασίας (παράγραφοι 2α και 2β).
3. Επαναλαμβάνει τη διαδικασία τριπλασιάζοντας τη μάζα του αμαξιδίου. Οι μαθητές προβλέπουν την απόσταση που θα διανύσουν τα αμαξίδια σε ίσους χρόνους και στη συνέχεια παρατηρούν το φαινόμενο.
4. Με τη βοήθεια της προσομοίωσης (στη διεύθυνση <http://www.seilias.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=309&Itemid=32&catid=21>) γίνεται μιά ποσοτική προσέγγιση στο παραπάνω φαινόμενο. Στην προσομοίωση μπορούμε να μεταβάλλουμε τη μάζα των σωμάτων, να βλέπουμε τη στιγμιαία ταχύτητά τους και να παρατηρούμε, σε αργή κίνηση, τη μεταβολή της ταχύτητάς τους κατά τη διάρκεια της επαφής τους με το ελατήριο. Ζητείται από τους μαθητές να συγκρίνουν τον λόγο των ταχυτήτων των σωμάτων με τον λόγο των μαζών τους, να παρατηρήσουν την περίπτωση που το ένα σώμα έχει πολύ μεγαλύτερη μάζα από το άλλο, (η προσομοίωση επιτρέπει αναλογία 1/100), και να υπολογίσουν την ταχύτητα του 2ου σώματος (η προσομοίωση έχει ακρίβεια ενός δεκάτου γι’ αυτό και μετρά μηδενική ταχύτητα για το 2ο σώμα). (Ερώτημα 3 α,β,γ)

4η δραστηριότητα (διάρκεια έως 15 λεπτά):  
Εφαρμογή συμπερασμάτων από τις προηγούμενες δραστηριότητες:

1. Η μαθήτρια σε πατίνια κρατά μιά μπάλα (medicine ball) και την εκτοξεύει ευθεία μπροστά της. Ζητείται από τους μαθητές:
   1. Να σημειώσουν τις δυνάμεις που ασκούνται στη μαθήτρια και στη μπάλα κατά την εκτόξευση και μετά την εκτόξευση. (Στη συνέχεια προβάλλεται σε διαφάνεια ο σχεδιασμός των δυνάμεων).
   2. Να ερμηνεύσουν το φαινόμενο ανατρέχοντας στα συμπεράσματα από τις προηγούμενες δραστηριότητες.
2. Στη συνέχεια ο διδάσκων θέτει τα ερωτήματα «τί θα συνέβαινε, εάν η μαθήτρια μπορούσε να εκτοξεύει συνεχώς μπάλες;» και «τί θα συνέβαινε εάν οι μπάλες ήταν μικροσκοπικές αλλά μπορούσε να τις εκτοξεύει με μεγάλη ταχύτητα;» και καλεί τους μαθητές να παρακολουθήσουν το ακόλουθο ‘video\_1\_jetpack\_Rocket’ (διάρκειας 17 s) και να κάνουν τη σύνδεση μεταξύ των φαινομένων.
3. Παρακολουθούμε το ‘video\_2\_Rockets’ (διάρκειας 18 s) και το ‘video\_3\_3rdLaw\_in\_space’ (διάρκειας 70 s). Γίνεται αναφορά στη λειτουργία των πυραύλων (δίνεται και ως εργασία για το σπίτι) και γίνεται σχολιασμός της αλληλεπίδρασης των δύο αστροναυτών.

Αξιολόγηση (διάρκεια έως 25 λεπτά):

* Μοιράζεται στους μαθητές Φύλλο Αξιολόγησης με ερωτήσεις πάνω στο μάθημα.   
  Οι μαθητές συζητώντας στην ομάδα τους απαντούν στις ερωτήσεις 1, 2, 3, 4, 6 και 7 και οι υπόλοιπες ανατίθενται ως εργασία για το σπίτι.
* Στην ερώτηση 1 προβάλλεται προσομοίωση στην οποία φαίνονται οι δυνάμεις της αλληλεπίδρασης μεταξύ Γής και μήλου. Υπάρχει η δυνατότητα το μήλο να έχει αρχική ταχύτητα και να συνδεθεί η κίνησή του με την κίνηση της Σελήνης γύρω από τη Γή. Τίθεται το ερώτημα εάν η Γή «πέφτει» προς το μήλο και ανατίθεται ως εργασία για το σπίτι ο υπολογισμός της «μετατόπισης» της Γής.
* Στην ερώτηση 2 προβάλλεται σε διαφάνεια το σχήμα με τα 4 «αντικείμενα» και ζητείται από τους μαθητές να μετρήσουν πλήθος δυνάμεων και αλληλεπιδράσεων και να σχεδιάσουν τις δυνάμεις. Στη συνέχεια προβάλλεται σε διαφάνεια η απάντηση.
* Στη συνέχεια και αφού απαντηθούν οι ερωτήσεις 3, 4, 6 και 7, γίνεται συζήτηση πάνω στις απαντήσεις και δίνεται έμφαση στην αναγνώριση των ζευγών δυνάμεων που αντιστοιχούν σε κάθε αλληλεπίδραση και στο ότι κάθε δύναμη του ζεύγους «δράση-αντίδραση» ασκείται σε διαφορετικό σώμα.
* Οι ερωτήσεις 5 (στην οποία αφού υπολογισθούν οι ζητούμενες δυνάμεις υπάρχει η δυνατότητα επαλήθευσης μέσω της αντίστοιχης προσομοίωσης) και 8 (διερευνητική εργασία σχετικά με την αρχή λειτουργίας των πυραύλων), δίνονται ως εργασία για το σπίτι.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

* Η ιδέα για την κίνηση με τα πατίνια από το **Rutgers University Learning Cycle**: Newton’s Third Law – the forces approach, <http://paer.rutgers.edu/pt3/experimentindex.php?topicid=3&cycleid=3>
* **The Physics Classroom**,<http://www.physicsclassroom.com>
* **Newtonian Mechanics**, <http://www.phy6.org/stargaze/Snewton3.htm>.
* **Αντρέας Ι. Κασσέτας**
  + «Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών», <http://users.sch.gr//kassetas/0%20000%200%200%20aaAlterIDEAS.htm>
  + «Η Φυσική στην Α Λυκείου», <http://users.sch.gr//kassetas/yPhysicsALyceum7.htm>
  + Ο 3ος νόμος, <http://users.sch.gr//kassetas/educ55k.htm>
  + Το έργο του Νεύτωνα (πρωτότυπο) <http://users.sch.gr//kassetas/zzzzzzzzzzNewton0Principia.htm>
* To ‘video\_1\_jetpack\_Rocket’ είναι απόσπασμα από το video ‘Jetpack Rocket Science’ στη διεύθυνση <https://www.youtube.com/watch?v=Hx9TwM4Pmhc>.   
  (Ή μπορεί να χρησιμοποιηθεί το video ‘Water Jetpack’ από το **Pedagogy in action** στη διεύθυνση <https://serc.carleton.edu/sp/library/dmvideos/videos/water_jetpack.html>).
* Τα ‘video\_2\_Rockets’ και ‘video\_3\_3rdLaw\_in\_space’ είναι αποσπάσματα από το video ‘Newton's Laws Of Motion 3\_ Action and Reaction’ στη διεύθυνση <https://www.youtube.com/watch?v=cP0Bb3WXJ_k>.
* **Physlet Physics** <http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/illustration4_6.cfm>.
* Οι προσομοιώσεις είναι του **Ηλία Σιτσανλή** στη διεύθυνση <http://www.seilias.gr/>.
* Η ιδέα για τη μετατόπιση των αμαξιδίων στην 3η δραστηριότητα, από το video «Μέτρηση της μάζας για μωρά» του **Ανδρέα Βαλαδάκη** στη διεύθυνση <https://www.youtube.com/watch?v=lizf6lMlLVk>.
* **W. Lewin** (8.01 Lec. 6) διαλέξεις ΜΙΤ, οι νόμοι του Νεύτωνα, στη διεύθυνση <https://www.youtube.com/watch?v=aAmYKqFzbMw>.