

Ταυτότητα διδακτικού Σεναρίου με χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων και ΤΠΕ

Τίτλος: «Η έννοια της ορμής και η διατήρησή της»

Δημιουργοί: Α. Κατέρης, Γ. Πολυζώης

Βαθμίδα – Τάξη: Λύκειο-Β΄ Προσανατολισμού/Οδηγός Εκπαιδευτικού

Εμπλεκόμενες γνωστικές περιοχές

Τάξη: Β Λυκείου Μάθημα : Φυσική Προσανατολισμού Β Λυκείου

Θεματικό Πεδίο: **Δυνάμεις-Κινήσεις** Επιμέρους θεματική: **ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΥΛΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ** Θεματικές ενότητες: 1.2. Ορμή-Στροφορμή, 1.3 Γενική έκφραση του 2^{ου} νόμου του Newton - Ώθηση 1.4 Διατήρηση της ορμής, Διατήρηση της στροφορμής, 1.6 Κρούσεις.

Προαπαιτούμενες γνώσεις και δεξιότητες

Το προτεινόμενο σενάριο είναι επαναληπτικό οπότε οι μαθητές έχουν διδαχθεί όλη την επιμέρους θεματική: **ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΥΛΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ** και μέσω της διδασκαλίας θα ελεγχθεί το επίπεδο κατανόησης και εμβάθυνσης τόσο στην έννοια της ορμής, όσο και στην αρχή διατήρησής της. Οπότε αν έχουν επιτευχθεί τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα της επιμέρους θεματικής οι μαθητές θα πρέπει να:

- Υπολογίζουν την ορμή σώματος,
- Υπολογίζουν την ορμή συστήματος σωμάτων με σεβασμό στον διανυσματικό χαρακτήρα του φυσικού μεγέθους της ορμής,
- Υπολογίζουν την μεταβολή ορμής σώματος ή συστήματος σωμάτων με σεβασμό στον διανυσματικό χαρακτήρα του φυσικού μεγέθους της ορμής,
- Διατυπώνουν θεωρητικά και μαθηματικά την αρχή διατήρησης της ορμής
- Διαπιστώνουν ότι οι δυνάμεις της δράσης και της αντίδρασης ασκούνται σε διαφορετικά σώματα και η εφαρμογή του 3^{ου} νόμου του Newton οδηγεί στην αρχή διατήρησης της ορμής
- Είναι εξοικειωμένοι με την έννοια της αλληλεπίδρασης και τη γενική έκφραση του 2^{ου} νόμου του Newton
- Εφαρμόζουν την αρχή διατήρησής της ενέργειας

Λόγω της ενεργής εμπλοκής των μαθητών σε διαδικτυακές προσομοιώσεις, οι μαθητές θα πρέπει:

- Να έχουν βασικές γνώσεις υπολογιστών και να χειρίζονται διαδικτυακές εφαρμογές και προσομοιώσεις ή και ηλεκτρονικές πλατφόρμες (σε περίπτωση σύγχρονης εξ αποστάσεως διδασκαλίας).

Στόχοι και Προσδοκώμενα Μαθησιακά αποτελέσματα

4.1 Γενικοί

Η αξιοποίηση των ιδεών και των διασυνδέσεων που σχηματικά αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως PhTEML (ΦΥ.Τ.ΕΜ.ΜΑ.Γ) όπου τα αρχικά σημαίνουν:

Physics: ΦΥΣΙΚΗ

Technology: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ (εφαρμογές της Φυσικής στην τεχνολογία, αλλά και αξιοποίηση της τεχνολογίας ως εργαλείο μάθησης, όπως με την αξιοποίηση των ΤΠΕ, των απτήρων και των αισθητήρων)

Engineering: ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ (κατασκευαστικές εφαρμογές της επιστήμης αλλά και hands on activities στο εργαστήριο και την εικονική τάξη)

Mathematics: ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ (τα απαραίτητα για τη Φυσική)

Language: ΓΛΩΣΣΑ (αξιοποίηση της νεοελληνικής γλώσσας στο επιστημονικό λεξιλόγιο, αλλά και την επιστημονική «ρητορική» και επικοινωνία).

4.2 Γνωστικοί Στόχοι και προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα

Οι μαθητές θα πρέπει να:

1. Διακρίνουν τα χαρακτηριστικά του διανύσματος της ορμής.
2. Διακρίνουν την διανυσματική άθροιση από την αλγεβρική άθροιση στην περίπτωση του διανύσματος της ορμής, μελετώντας συγκεκριμένα παραδείγματα.
3. Διακρίνουν την διανυσματική αφαίρεση από την αλγεβρική αφαίρεση στην περίπτωση του διανύσματος της ορμής, μελετώντας συγκεκριμένα παραδείγματα.
4. Εξοικειωθούν με την έννοια της αλληλεπίδρασης και να την συσχετίζουν με τον 3ο νόμο του Newton και την συνέπεια του, δηλαδή την αρχή διατήρησης της ορμής
5. Εφαρμόζουν την αρχή διατήρησης της ορμής για να εξηγήσουν φαινόμενα της καθημερινής τους ζωής καθώς και για να επιλύουν προβλήματα.
6. Εφαρμόζουν την αρχή διατήρησης της ενέργειας για να εξηγήσουν φαινόμενα της καθημερινής τους ζωής καθώς και για να επιλύουν προβλήματα.
7. Χρησιμοποιούν τις ΤΠΕ για να εμβαθύνουν (deep learning) στην κατανόηση του φυσικού κόσμου και συγκεκριμένα στην έννοια της ορμής, εφαρμόζοντας τους φυσικούς νόμους σε εικονικά περιβάλλοντα.

4.3 Δεξιότητες-ικανότητες

Οι μαθητές πρέπει να:

1. Αναπαράγουν φαινόμενα της καθημερινότητας τους σε εικονικό εργαστήριο ή/και σε πραγματικό εργαστήριο,
2. Διατυπώνουν προβλέψεις-υποθέσεις και να τις ελέγχουν ακολουθώντας τα βήματα της εκπαιδευτικής επιστημονικής μεθόδου δηλαδή, να υλοποιούν κατάλληλες ενέργειες – σχεδιασμό πειραμάτων για τη διερεύνησή τους, να καταγράφουν και να ερμηνεύουν πειραματικά δεδομένα, να διατυπώνουν συμπεράσματα,
3. Συμμετέχουν σε συζητήσεις διατυπώνοντας μία βασική επιστημονική επιχειρηματολογία.
4. Επικοινωνούν τόσο μεταξύ τους όσο και με τον εκπαιδευτικό στη φυσική τους τάξη ή/και μέσω εκπαιδευτικής πλατφόρμας, τόσο με σύγχρονο όσο και ασύγχρονο τρόπο και να αξιοποιούν τα εργαλεία της.

4.4 Στάσεις

Οι μαθητές πρέπει να:

1. Αναγνωρίσουν τον ουσιαστικό ρόλο που παίζει η Φυσική επιστήμη σε όλο το φάσμα της εμπειρίας τους και των γνώσεών τους από την καθημερινή ζωή ως τις βασικές λειτουργίες του σύμπαντος.
2. Αναπτύξουν θετική στάση απέναντι στον επιστημονικό τρόπο σκέψης και εργασίας.

Απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή-λογισμικό

Για την πραγματοποίηση της διδασκαλίας απαιτείται:

- Το εργαστήριο πληροφορικής του σχολείου,
- Αν τμήμα ή ολόκληρο το σενάριο δοθεί στους μαθητές ως εργασία για το σπίτι μπορεί να εκτελεστεί με μικρές τροποποιήσεις μέσω ασύγχρονης ή και σύγχρονης τηλε-εκπαίδευσης. Σε αυτήν την περίπτωση απαιτείται πλατφόρμα τηλε-εκπαίδευσης εγκεκριμένη από το Υπουργείο Παιδείας, που περιέχει ψηφιακή αίθουσα (virtual classroom) για να προσφέρει, παρέχει εκτός από την επικοινωνία φωνής και εικόνας, πρόσθετες δυνατότητες όπως διαμοιρασμό περιεχομένου και ηλεκτρονικό πίνακα.
- Η επίσκεψη στις Εκπαιδευτικές Ιστοσελίδες Φυσικής (<http://photodentro.edu.gr> και <https://phet.colorado.edu/>) μέσω των οποίων οι μαθητές πραγματοποιούν προσομοιώσεις φυσικών φαινομένων και εικονικά εργαστήρια.

Ιστοσελίδες που επισκέπτονται οι μαθητές για να πραγματοποιήσουν τις δραστηριότητες που προτείνονται στα φύλλα εργασίας

Οι δραστηριότητες είναι σχετικές με τους Νόμους του Newton, την ορμή και την διατήρησή της καθώς και την μελέτη κεντρικής, ελαστικής και πλαστικής κρούσης.

Ηλεκτρονικές διευθύνσεις:

- <http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/13616>
- <https://phet.colorado.edu/el/simulation/collision-lab> (Εργαστήριο Συγκρούσεων)

Οι εκπαιδευτικές ιστοσελίδες *phet.colorado* και **photodentro**, επιτρέπουν στους μαθητές να εκτελέσουν προσομοιώσεις και να πειραματιστούν με σώματα, ή/και ελατήριο (έτσι ώστε η αλληλεπίδραση μεταξύ των σωμάτων που συμμετέχουν να διαρκεί για περισσότερο χρόνο), αναπαριστώντας τις μεταβλητές δυνάμεις που εμφανίζονται κατά την διάρκεια της αλληλεπίδρασης. Στα εικονικά πειράματα μπορούν να επιλέξουν μάζες, να παγώσουν το χρόνο και να κάνουν υπολογισμούς ορμής, κινητικής ενέργειας σώματος και δυναμικής ενέργειας παραμόρφωσης ελατηρίου, να επιβεβαιώσουν τους υπολογισμούς τους μέσω των δυνατοτήτων που δίνει η προσομοίωση, αλλά και να καθορίσουν την ελαστικότητα της κρούσης ή να τοποθετήσουν ελαστικά τοιχώματα που εξασφαλίζουν την περιοδική επανάληψη του φαινομένου. Ένα άλλο πλεονέκτημα που καταγράφεται από την χρήση των

προσομοιώσεων είναι ότι:

- παρέχουν τη δυνατότητα για **μεγάλο αριθμό δοκιμών** από τους μαθητές, οι οποίες τους επιτρέπουν να εξασκηθούν στην προετοιμασία-σχεδίαση της πειραματικής διαδικασίας, καθώς και στη σειρά με την οποία οι παράμετροι αυτές διερευνώνται.
- Δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να πειραματιστούν σε περιβάλλον εικονικού εργαστηρίου (Εργαστήριο κρούσεων).

Διάρκεια

Το προτεινόμενο εκπαιδευτικό σενάριο έχει διάρκεια τουλάχιστον δύο ώρες, όπου σε κάθε ώρα διδασκαλίας αντιστοιχεί ένα φύλλο εργασίας. Η προτεινόμενη διδασκαλία που περιγράφεται στο σενάριο, αποτελείται από επαναληπτικές δραστηριότητες που πραγματοποιούνται στα πλαίσια των ενοτήτων 1.2, 1.3 και 1.4 της επιμέρους θεματικής : ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΥΛΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ του θεματικού πεδίου ΔΥΝΑΜΕΙΣ-ΚΙΝΗΣΕΙΣ. Αξίζει να σημειωθεί ότι δραστηριότητες ή εν γένει τμήμα του σεναρίου μπορεί να δοθεί στους μαθητές και ως εργασία για το σπίτι.

Ανάλυση περιεχομένου

Η ορμή σώματος ορίζεται ως το γινόμενο της μάζας του και της ταχύτητας του, $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$, είναι διανυσματικό μέγεθος και στο σύστημα μονάδων S.I μετριέται σε $kg \cdot \frac{m}{s}$.

Η ορμή συστήματος σωμάτων που αποτελείται από δύο ή περισσότερα σώματα υπολογίζεται από το διανυσματικό άθροισμα των ορμών των σωμάτων που το αποτελούν:

$$\vec{p}_{\text{συστ}} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots (1)$$

Στον Προσανατολισμό της Β Λυκείου οι μαθητές συνήθως αθροίζουν συγγραμμικές ορμές, δηλαδή μελετούν συστήματα των οποίων οι ορμές των σωμάτων που τα αποτελούν έχουν την ίδια διεύθυνση. Το αποτέλεσμα της πρόσθεσης είναι διάνυσμα $\vec{p}_{\text{συστ}}$, του οποίου η τιμή προκύπτει από το άθροισμα των τιμών των ορμών των σωμάτων που αποτελούν το σύστημα, σύμφωνα με την θετική φορά που έχει οριστεί αυθαίρετα στο φαινόμενο που μελετάται και μέτρο την απόλυτη τιμή αυτής (μήκος του διανύσματος). Το πρόσημο της τιμής του διανύσματος της ορμής του συστήματος είναι πολύ σημαντικό καθώς καθορίζει την κατεύθυνση του διανύσματος της ορμής του συστήματος.

Για να βρούμε την μεταβολή της ορμής ενός σώματος (ή ενός συστήματος δύο σωμάτων που αλληλεπιδρούν) αφαιρούμε την αρχική ορμή του από την τελική διανυσματικά ή διαφορετικά προσθέτουμε στην τελική ορμή του σώματος (ή του συστήματος) την αντίθετη της αρχικής ορμής του:

$$\Delta \vec{p} = \vec{p}_{τελ} - \vec{p}_{αρχ} = \vec{p}_{τελ} + (-\vec{p}_{αρχ}) \quad (2)$$

Αξίζει να σημειωθεί ότι τόσο η σχέση (2), όσο και η (1) είναι γενικές σχέσεις δηλαδή χρησιμοποιούνται και όταν οι ορμές των σωμάτων που αθροίζονται ή αφαιρούνται σχηματίζουν τυχαίες γωνίες. Το αποτέλεσμα της διανυσματικής αφαίρεσης δύο συγγραμμικών διανυσμάτων, που μελετούν οι μαθητές στην Β Λυκείου σύμφωνα με το ΠΣ, είναι επίσης διάνυσμα, του οποίου η τιμή προκύπτει από την αφαίρεση των επιμέρους τιμών των ορμών του σώματος (ή του συστήματος σωμάτων), κατά την αλληλεπίδραση (π.χ κρούση) σύμφωνα με την θετική φορά που έχει οριστεί αυθαίρετα στο φαινόμενο που μελετάται και μέτρο την απόλυτη τιμή αυτής (μήκος του διανύσματος). Το πρόσημο της τιμής του διανύσματος της μεταβολής της ορμής του σώματος (ή του συστήματος σωμάτων) είναι πολύ σημαντικό καθώς καθορίζει την κατεύθυνση του διανύσματος της μεταβολής της ορμής του σώματος (ή του συστήματος σωμάτων).

Θεωρητική διατύπωση της αρχής διατήρησης της ορμής : «Στα συστήματα σωμάτων όπου δεν ασκούνται εξωτερικές δυνάμεις ή ασκούνται αλλά έχουν συνισταμένη μηδέν (Μονωμένα συστήματα), η ορμή διατηρείται».

Μαθηματική διατύπωση της αρχής διατήρησης της ορμής :

$$\vec{p}_{\text{συστ,αρχ}} = \vec{p}_{\text{συστ,τελ}}$$

Φαινόμενα που μελετάμε με την βοήθεια της αρχής: Κρούσεις, εκρήξεις στον μακρόκοσμο αλλά και στον μικρόκοσμο για παράδειγμα στην Πυρηνική Φυσική, όπου πυρήνες βομβαρδίζονται με σωμάτια όπως τα πρωτόνια ή τα νετρόνια κ.α

Η πρόταση της πολύ σημαντικής αυτής Αρχής της φύσης, είναι άμεση συνέπεια του τρίτου νόμου του Νεύτωνα σύμφωνα με τον οποίο η δράση είναι αντίθετη με την αντίδραση. Συγκεκριμένα αν 1 και 2 είναι τα σώματα που αλληλεπιδρούν και αποτελούν το σύστημα, ισχύει:

$$\vec{p}_{2,τελ} - \vec{p}_{2,αρχ} = -(\vec{p}_{1,τελ} - \vec{p}_{1,αρχ}) \Leftrightarrow \vec{p}_{2,τελ} - \vec{p}_{2,αρχ} = \vec{p}_{1,αρχ} - \vec{p}_{1,τελ} \Leftrightarrow$$

$$\vec{p}_{1,αρχ} + \vec{p}_{2,αρχ} = \vec{p}_{1,τελ} + \vec{p}_{2,τελ} \Leftrightarrow \vec{p}_{\text{συστ,αρχ}} = \vec{p}_{\text{συστ,τελ}}$$

Εναλλακτικές αντιλήψεις μαθητών

Οι μαθητές πολύ συχνά πιστεύουν ότι:

1. Ο διανυσματικός χαρακτήρας ενός φυσικού μεγέθους δεν σχετίζεται με τις απαραίτητες πράξεις μεταξύ αυτών. Ενώ δηλαδή γνωρίζουν ότι η ορμή είναι διανυσματικό μέγεθος στην υπολογισμό της ορμής συστήματος αθροίζουν τα μέτρα των επιμέρους ορμών και αντίστοιχα στον υπολογισμό της μεταβολής της ορμής, αφαιρούν τα μέτρα των επιμέρους ορμών.
2. Η τιμή ενός διανυσματικού μεγέθους ταυτίζεται πάντα με το μέτρο του.
3. Οι αλληλεπιδράσεις (π.χ στις κρούσεις) είναι ακαριαίες.

4. Η αρχή διατήρησης της ορμής είναι ανεξάρτητος νόμος και δεν σχετίζεται με τους νόμους του Newton.
5. Η αρχή διατήρησης της ορμής ισχύει μόνο στην αρχή και στο τέλος της αλληλεπίδρασης και όχι κατά την αλληλεπίδραση.
6. Η ορμή δεν μεταφέρεται σε περιπτώσεις αλληλεπίδρασης ενός σώματος με ένα πολύ βαρύτερο ή/και ακλόνητο σώμα (π.χ τοίχωμα)
7. Το μέτρο της μεταβολής της ορμής, ταυτίζεται με τη μεταβολή του μέτρου της ορμής.
8. Η αρχή διατήρησης της ορμής ισχύει σε κάθε αλληλεπίδραση και όχι μόνο σε περιπτώσεις όπου τα συστήματα που επιλέγονται για τη μελέτη της, είναι μονωμένα.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία η διαδικασία της γνωστικής σύγκρουσης που θα οδηγήσει τους μαθητές στην επίπονη και μακροχρόνια διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής στο κομμάτι της κατανόησης του διανυσματικού χαρακτήρα της ορμής και της χρήσης της αρχής διατήρησης της ορμής στην μελέτη καθημερινών φυσικών φαινομένων, επιχειρείται από τον εκπαιδευτικό με κάποιον/ή κάποιους από τους παρακάτω τρόπους:

- Προτρέπει τους μαθητές να πραγματοποιούν τα διαγράμματα των δυνάμεων στα σώματα που αλληλεπιδρούν και δεν τα πραγματοποιεί ο ίδιος. Σε κάθε διάγραμμα δυνάμεων πρέπει να εμφανίζονται και τα δύο σώματα οι μαθητές να περιγράφουν λεκτικά, τι θεωρούν σύστημα, γιατί και εάν είναι (ή θεωρείται μονωμένο) και να γίνονται ανεξάρτητα υπολογισμοί της ορμής του συστήματος, πριν την εφαρμογή της αρχής διατήρησης.
- Σε επιλεγμένα παραδείγματα πρέπει να εμφανίζονται διαφορετικά φαινόμενα που ίδια αλγεβρική μελέτη, οδηγεί σε ξεκάθαρα διαφορετικά αποτελέσματα. Για παράδειγμα ο υπολογισμός της ορμής του συστήματος δύο σωμάτων που συγκρούονται, όταν κινούνται ομόρροπα και όταν κινούνται αντίρροπα.
- Να επιλέγονται παραδείγματα αλληλεπίδρασης, όπου διαρκούν ικανό χρόνο έτσι ώστε οι μαθητές να είναι ευκολότερο να κατανοούν το μηχανισμό της.
- Κάθε φαινόμενο αλληλεπίδρασης στο οποίο για την μελέτη του επιλέγεται η αρχή διατήρησης της ορμής να αναπαρίσταται φραστικά από τους μαθητές με τον κανόνα οι μαθητές να αναφέρουν με σαφήνεια ποιο σώμα ασκεί τη δύναμη και σε ποιο σώμα ασκείται καθώς επίσης και ότι αυτές οι δυνάμεις για το σύστημα είναι εσωτερικές.
- Να αφιερώνεται χρόνος τόσο στη διόρθωση όσο και στη συζήτηση των φαινομένων αλληλεπίδρασης που πραγματοποιούν οι μαθητές.

Συσχετισμός με το ΠΣ

Το γνωστικό αντικείμενο των προτεινόμενων δραστηριοτήτων στο παρόν διδακτικό σενάριο βρίσκεται σε συμφωνία με τις αντίστοιχες ενότητες του ΠΣ της Φυσικής Προσανατολισμού για την Β Λυκείου , όπως φαίνεται παρακάτω:

Γνωστικό αντικείμενο: Φυσική Προσανατολισμού – Τάξη: Β			
Θεματικό Πεδίο	Επιμέρους Θεματική	Προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα	Ενδεικτικές δραστηριότητες
		Οι μαθητές/τριες είναι σε θέση να:	Οι μαθητές/τριες μπορεί να:
ΔΥΝΑΜΕΙΣ – ΚΙΝΗΣΕΙΣ	ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΥΛΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ		
	1.2. Ορμή-Στροφορμή -Ορμή υλικού σωματιδίου -Στροφορμή υλικού σωματιδίου	Διατυπώνουν τον ορισμό της ορμής υλικού σωματιδίου. Διατυπώνουν πλήρως τον ορισμό της στροφορμής υλικού σωματιδίου. Διακρίνουν, με βάση τους παραπάνω ορισμούς, τις αντιστοιχίες μεγεθών της μεταφορικής με αυτά της περιστροφικής κίνησης (ορμή υλικού σωματιδίου (\vec{p}) -στροφορμή υλικού σωματιδίου (\vec{L})).	<ul style="list-style-type: none">Εκτελούν ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες με χρήση των λογισμικών Interactive Physics και Modellus για εξάσκηση στις πράξεις μεταξύ διανυσμάτων.Παρουσιάζουν εργασίες που αναδεικνύουν το μέγεθος της στροφορμής σε φαινόμενα όπως:<ul style="list-style-type: none">- Η κίνηση ηλεκτρονίου γύρω από τον πυρήνα.

		<ul style="list-style-type: none"> - Το σπιν ηλεκτρονίων. - Η κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο. - Η κίνηση του τροχού του αυτοκινήτου. - Η κίνηση του ψηφιακού δίσκου (cd). - Ο κύκλος του ανθρώπινου περπατήματος (Μηχανική-Εμβιομηχανική). - Η προσρόφηση από μία μαύρη τρύπα της ύλης ενός συνοδού άστρου (τότε σχηματίζεται γύρω από τη μαύρη τρύπα ένας δίσκος συσσώρευσης όπου η ύλη στροβιλίζεται με μεγάλη ταχύτητα πριν απορροφηθεί τελικά από τη μαύρη τρύπα) (Μηχανική-Αστροφυσική). - Ο σχηματισμός πιδάκων κατά τη γένεση άστρων (τα νεογέννητα άστρα διώχνουν ύλη με τη μορφή πιδάκων
--	--	--

		(jets) έτσι ώστε να λιγοστέψει η στροφορμή της ύλης που απομένει στο δίσκο προσρόφησης τριγύρω τους και έτσι να μπορέσει τελικά να φθάσει η ύλη στην κεντρική συμπύκνωση και έτσι να σχηματιστεί το άστρο) (Μηχανική-Αστροφυσική).
<p>1.3 Γενική έκφραση του 2^{ου} νόμου του Newton - Έθηση</p> <p>-Γενική έκφραση του 2^{ου} νόμου του Newton</p> <p>- Έθηση δύναμης και μεταβολή της ορμής</p> $\Sigma \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}, \quad \Sigma \vec{\tau} = \frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t}$ <p>- Σύστημα υλικών σωματιδίων</p> <p>-Εσωτερικές-εξωτερικές δυνάμεις σε σύστημα</p> <p>-Μονωμένα συστήματα</p> <p>(3 ώρες)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Θεωρούν συστήματα υλικών σωματιδίων και να αναγνωρίζουν τις εσωτερικές και τις εξωτερικές δυνάμεις του συστήματος. • Αναγνωρίζουν πότε ένα σύστημα υλικών σωματιδίων είναι μονωμένο και πότε όχι. • Διακρίνουν τις εσωτερικές από τις εξωτερικές δυνάμεις σε παραδείγματα συστημάτων υλικών σωματιδίων. • Εφαρμόζουν τη γενική έκφραση του 2^{ου} νόμου του Newton σε ένα υλικό σωματίδιο και σε σύστημα υλικών σωματιδίων. • Εξηγούν γιατί η έκφραση: $\Sigma \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$ είναι γενικότερη της $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$. • Αξιοποιούν πληροφορίες από διαγράμματα $F-t$. • Αναγνωρίζουν την ώθηση δύναμης ως μεταβολή της ορμής υλικού σωματιδίου. • Συνδέουν, με βάση τον ορισμό της ώθησης, την κατεύθυνση της μεταβολής της ορμής με αυτήν της δύναμης που την προκαλεί. • Συσχετίζουν τη μεταβολή της ορμής με το γινόμενο: $\Sigma \vec{F} \cdot \Delta t$. • Αξιοποιούν την γενική μορφή του 2^{ου} νόμου του Νεύτωνα σε συγκεκριμένα παραδείγματα. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ακολουθούν την επιστημονική εκπαιδευτική μέθοδο με διερεύνηση για να πειραματιστούν (εικονικά) με χρήση των λογισμικών Interactive Physics και Modellus, καθώς και διαδικτυακών προσομοιώσεων PhET. • Παρουσιάζουν εργασίες που αναδεικνύουν το 2^ο νόμο του Newton σε φαινόμενα όπως: - Η χρησιμοποίηση προστατευτικού δικτυού από τους ακροβάτες στο τσίρκο και στρώματος από αφρόλέξ από τους αθλητές του άλματος επί

	<ul style="list-style-type: none"> • Σχεδιάζουν, για ένα υλικό σωματίδιο, το διάνυσμα της $\Delta\vec{p}$ και να γνωρίζουν ότι είναι ομόρροπο της $\Sigma\vec{F}$. • Συσχετίζουν τις σχέσεις για τη συνισταμένη δύναμη και τη συνισταμένη ροπή που περιγράφουν την κινηματική των σωμάτων. 	<p>κοντώ για προστασία κατά την πτώση τους.</p> <p>- Ο τραυματισμός ανθρώπου από σφαίρα και όχι από μπάλα ποδοσφαίρου ίσης ορμής (ακινητοποίηση στο ίδιο μικρό χρονικό διάστημα).</p> <p>- Η ύπαρξη πίεσης της ακτινοβολίας (solar sail).</p> <p>- Η χρησιμοποίηση υλικών από τους μηχανικούς αυτοκινήτων προκειμένου να αποφεύγονται τα μοιραία ατυχήματα (π.χ. ζώνες συρρίκνωσης στα αυτοκίνητα).</p> <p>Ακολουθούν την επιστημονική εκπαιδευτική μέθοδο με διερεύνηση για να πειραματιστούν με την μηχανή Atwood.</p>
1.4 Διατήρηση της ορμής – Διατήρηση της στροφορμής	<ul style="list-style-type: none"> • Εφαρμόζουν τη Διατήρηση της Ορμής (διανυσματικά) για σύστημα υλικών σωματιδίων. • Εφαρμόζουν την παραπάνω αρχή σε συγκεκριμένα παραδείγματα. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ακολουθούν την επιστημονική εκπαιδευτική μέθοδο με διερεύνηση για να πειραματιστούν με

(2 ώρες)	<ul style="list-style-type: none"> • Διατυπώνουν τη Διατήρηση της Στροφορμής (διανυσματικά) για σύστημα υλικών σωματιδίων. • Εφαρμόζουν την παραπάνω αρχή σε συγκεκριμένα παραδείγματα. 	<p>προσομοίωση από το «φωτόδεντρο» «Διατήρηση της Ορμής» ή με διαδικτυακή προσομοίωση για το «Εκκρεμές του Νεύτωνα».</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ακολουθούν την επιστημονική εκπαιδευτική μέθοδο με διερεύνηση για να πειραματιστούν με καροτσάκια και να επαληθεύσουν την αρχή διατήρησης της ορμής σε μία έκρηξη. • Παρουσιάζουν εργασίες που αναδεικνύουν τη διατήρηση της ορμής σε φαινόμενα όπως: <ul style="list-style-type: none"> - Η προώθηση πυραύλων. - Η ανάκρουση όπλου. - Ο βομβαρδισμός πυρήνων με πρωτόνια ή νετρόνια. - Η κίνηση των αστροναυτών στο διάστημα. • Παρουσιάζουν εργασίες που αναδεικνύουν τη διατήρηση της στροφορμής σε φαινόμενα όπως: <ul style="list-style-type: none"> - Η περιστροφή της Γης γύρω από τον Ήλιο. - Η αύξηση της περιστροφικής ταχύτητας της χορεύτριας του παγοδρομίου.
-----------	---	---

		<p>- Η ταχύτητα των πλανητών στο περιήλιο και αφήλιο (2ος Ν. Κέπλερ).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Εκτελούν ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες με τη χρήση προσομοιώσεων Interactive Physics και σχετικού υλικού προσομοιώσεων από το διαδίκτυο.
<p>1.6. (Κρούσεις)</p> <p>-Ταξινόμηση των κρούσεων με χρήση των κατάλληλων κριτηρίων σε κεντρικές, έκκεντρες και πλάγιες, καθώς επίσης και σε ελαστικές και ανελαστικές</p> <p>-Μελέτη των κεντρικών κρούσεων με εφαρμογή των αρχών διατήρησης</p> <p>(3 ώρες)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Διακρίνουν την κρούση στη μηχανική και στα φαινόμενα σκέδασης στην ατομική και πυρηνική φυσική. • Γνωρίζουν τα κριτήρια κατηγοριοποίησης των κρούσεων και να διακρίνουν τις κρούσεις με βάση τα κριτήρια αυτά σε κεντρικές, έκκεντρες και πλάγιες κρούσεις, επίσης ελαστικές και μη ελαστικές κρούσεις (αναφορά στις πλαστικές κρούσεις). • Εφαρμόζουν τις αρχές διατήρησης στη μελέτη των κεντρικών κρούσεων. 	<ul style="list-style-type: none"> • Εκτελούν ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες με τη χρήση προσομοιώσεων από: - PhET Colorado: Εργαστήριο συγκρούσεων. - Interactive Physics. - Φωτόδεντρο «Κρούσεις σωμάτων». • Ακολουθούν την επιστημονική εκπαιδευτική μέθοδο με διερεύνηση για να μελετήσουν πειραματικά την ελαστική κρούση χρησιμοποιώντας τα βαγονάκια από τον εξοπλισμό του σχολικού εργαστηρίου και τις φωτοπύλες ή/και μπάλες του μπυλιάρδου. • Ακολουθούν την επιστημονική εκπαιδευτική

		<p>μέθοδο με διερεύνηση για να διερευνήσουν πειραματικά το πώς σχετίζονται η δύναμη και η ώθηση με την ορμή και τη διατήρησή της σε μία κρούση δύο αμαξιδίων ή δύο ιππέων σε αεροτράπεζα με φωτοπύλες ή βιντεοανάλυση.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Παρουσιάζουν εργασίες που αναδεικνύουν τη διατήρηση της ορμής σε φαινόμενα όπως: <ul style="list-style-type: none"> - Η επιβράδυνση των νετρονίων από το νερό που περιβάλλει την καρδιά του πυρηνικού αντιδραστήρα. - Οι συγκρούσεις σωματιδίων στα πειράματα του CERN. - Οι κρούσεις σε πυρηνικές αντιδράσεις. - Το χτύπημα "καράτε". - Οι αποτελεσματικές συγκρούσεις στην πραγματοποίηση μιας χημικής αντίδρασης. • Χρησιμοποιούν ελεύθερα λογισμικά προσομοιώσεων και ακολουθούν την επιστημονική εκπαιδευτική μέθοδο με διερεύνηση για να σχεδιάσουν πειράματα
--	--	---

		για την επιβεβαίωση της ισχύος των αρχών διατήρησης πριν, μετά ή/και κατά την κρούση που θα επιλέξουν να μελετήσουν.
--	--	--

Χωροταξία- Οργάνωση τάξης

- Το σενάριο προτείνεται να πραγματοποιηθεί στο εργαστήριο πληροφορικής του σχολείου. Υπάρχει όμως η δυνατότητα, τμήμα του να το εκτελέσουν οι μαθητές και στο σπίτι τους. Επίσης μετά την εμπειρία της πανδημίας υπάρχει η δυνατότητα να πραγματοποιηθεί σε πραγματικό χρόνο μέσω κάποιας εγκεκριμένης πλατφόρμας τηλε-εκπαίδευσης του Υπουργείου Παιδείας στα πλαίσια εξ αποστάσεως εκπαίδευσης.
- Οι μαθητές εργάζονται ομαδικά υπό τις οδηγίες του εκπαιδευτικού, για τις δραστηριότητες που απαιτούν υπολογιστή και ατομικά στις υπόλοιπες δραστηριότητες.
- Ο εκπαιδευτικός έχει ρόλο υποστηρικτικό και συντονίζει τη διαδικασία.
- Ο κάθε μαθητής της ομάδας (το πλήθος των ομάδων εξαρτάται από το πλήθος των υπολογιστών που διαθέτει κάθε εργαστήριο) εκτελεί τα εικονικά εργαστήρια και τις προσομοιώσεις «κυκλικά», δηλαδή ενθαρρύνονται όλα τα παιδιά να συμμετέχουν στις δραστηριότητες.
- Τα συμπληρωμένα φύλλα εργασίας του σεναρίου, θα συλλεχθούν από τον εκπαιδευτικό, αμέσως μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας και στην περίπτωση που οι μαθητές τα ολοκληρώσουν στο σπίτι τους, θα τα αποστείλουν μέσω ηλεκτρονικής αλληλογραφίας. Τα συμπληρωμένα φύλλα εργασίας του σεναρίου μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμο εργαλείο αξιολόγησης τόσο των μαθητών όσο και της διδασκαλίας.

Διδακτικές προσεγγίσεις

Τα τελευταία χρόνια, από οργανισμούς, εκπαιδευτικούς και ερευνητές προωθείται η διερευνητική προσέγγιση (inquiry) στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Στην συγκεκριμένη πρόταση διδασκαλίας η διερευνητική προσέγγιση αποσκοπεί στην σε βάθος κατανόηση της έννοιας της ορμής και στην διατήρησή της, στην παρατήρηση του φυσικού κόσμου μέσω προσομοιώσεων σε εξ αποστάσεως διδασκαλία, τη δημιουργία υποθέσεων, τη διατύπωση ερωτημάτων, την πρόταση ερμηνειών και προβλέψεων, την σύγχρονη και ασύγχρονη επικοινωνία, τη χρήση κριτικών και λογικών συλλογισμών, την εκτίμηση εναλλακτικών ερμηνειών. Η μάθηση με διερεύνηση βασίζεται στη θέση ότι οι μαθητές μαθαίνουν, όταν οι ίδιοι αυτενεργώντας ερευνούν τον κόσμο και αποκτούν νέες επιστημονικές γνώσεις. Η εμπλοκή των μαθητών στη μάθηση με διερεύνηση θεωρείται ότι παρέχει κίνητρα και προκαλεί το ενδιαφέρον των μαθητών. Επίσης μέσω της διερευνητικής

προσέγγισης στην συγκεκριμένη διδασκαλία σκοπός είναι η ανάδειξη εναλλακτικών απόψεων των μαθητών για την ορμή, τους νόμους του Newton και την αλληλεπίδραση των σωμάτων σε κεντρικές κρούσεις, η δημιουργία γνωστικών συγκρούσεων αλλά και η εκκίνηση της επίπονης και χρονοβόρας διαδικασίας της εννοιολογικής αλλαγής. Στόχος της διερευνητικής μάθησης είναι η μετατόπιση του βάρους της διδασκαλίας στη διδακτική διαδικασία με διερευνητικές μεθόδους ώστε ο μαθητής να εμπλακεί προσωπικά στη γνωστική διαδικασία, να εφαρμόσει τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου και να μάθει πώς να μαθαίνει μόνος του. Η φιλοσοφία της διερευνητικής μάθησης έχει τις ρίζες της στην εποικοδομητική θεωρία μάθησης, στο έργο δηλαδή των Πιαζέ, Ντιούι, Βιγκότσκι, και Φρέιρε, μεταξύ άλλων, και μπορεί να θεωρηθεί εποικοδομητική.

Στις ΗΠΑ πάνω από δύο δεκαετίες η μεταρρύθμιση K12 του Εθνικού Συμβουλίου Ερευνών (NRC, 2012) των προγραμμάτων σπουδών Φυσικών Επιστημών -βασιζόμενη στη Διερευνητική Μάθηση- επικεντρώνεται στην ολοένα μεγαλύτερη εμπλοκή μαθητών σε ερευνητικές-διερευνητικές πρακτικές, οι οποίες αντιστοιχούν στις ικανότητες- δεξιότητες που επιθυμούμε να αποκτήσουν οι μαθητές, ώστε να συμμετέχουν σε μαθητοκεντρικά προγράμματα σπουδών ΦΕ, βασιζόμενα στην σύγχρονη εποικοδομητική διδακτική αντίληψη, τη διερευνητική μάθηση. Οι Οδηγίες της μεταρρύθμισης της διδακτικής των ΦΕ στις ΗΠΑ, όπως το National Science Education Standards for Science Education (NRC, 1996), καθόρισαν αρχικά πέντε επιστημονικές πρακτικές, τις οποίες οδηγούνται - καλούνται οι μαθητές να εφαρμόσουν:

- α) να θέτουν ερωτήματα για να καθορίσουν το θέμα - πρόβλημα, δηλαδή να εμπλέκονται σε ερωτήματα
- β) να συγκεντρώνουν δεδομένα μέσω πειραματικών - ερευνητικών πρακτικών
- γ) να αναλύουν και να συσχετίζουν τα ερευνητικά δεδομένα,
- δ) να εξηγούν και να ερμηνεύουν τα αποτελέσματα ώστε να οδηγηθούν σε συμπεράσματα και να οικοδομήσουν τη σχολικό-επιστημονική γνώση
- ε) να επικοινωνούν, να συνεργάζονται, ανακεφαλαιώνοντας τα συμπεράσματά τους.

Βάσει των παραπάνω Οδηγιών μεταρρύθμισης της διδακτικής των ΦΕ στις ΗΠΑ, αναπτύχθηκε το γνωστό εποικοδομητικό μαθησιακό "Μοντέλο 5Ε του Bybee" (2006). Το εκπαιδευτικό μοντέλο που ακολουθεί η προτεινόμενη διδασκαλία είναι συμβατό στα κύρια σημεία του με το μοντέλο 5Ε - The 5E Instructional Model (Engagement - Exploration - Explanation - Elaboration - Evaluation). Ακολουθεί σύντομη περιγραφή:

1. Ενασχόληση (Φάση 1) Ο εκπαιδευτικός εισάγει στους μαθητές το πρόβλημα με συγκεκριμένα παραδείγματα και οργανώνει τις σκέψεις των μαθητών προς τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα της κάθε δραστηριότητας. Συγκεκριμένα,

➤ στο Φύλλο εργασίας 1, ο εκπαιδευτικός χρησιμοποιεί τα παραδείγματα μίας πτώσης δύο σωμάτων από το ίδιο ύψος (άρα με την ίδια ταχύτητα) και μίας οριζόντιας βολής βλήματος πολύ μικρής μάζας με διαφορετικές ταχύτητες σε σχέση με τη ζημιά που θα προκαλέσουν και προτρέπει τους μαθητές να διατυπώσουν τις απόψεις τους γραπτά.

➤ στο Φύλλο εργασίας 2, ο εκπαιδευτικός χρησιμοποιεί παραδείγματα της καθημερινής ζωής, με ένα πυροσβέστη που δυσκολεύεται να κρατήσει τη μάνικα όταν το νερό εκτοξεύεται με μεγάλη ταχύτητα και ένα άνθρωπο που θέλει να μετακινηθεί σε μία παγωμένη λίμνη. Ο εκπαιδευτικός προτρέπει τους μαθητές να διατυπώσουν τις απόψεις τους γραπτά με χρήση και επιστημονικών επιχειρημάτων.

2. Εξερεύνηση (Φάση2) Οι μαθητές αφιερώνουν χρόνο για την εξερεύνηση και παρατήρηση αντικειμένων, γεγονότων ή καταστάσεων με σκοπό να βρουν μεταβλητές, σχέσεις και πρότυπα. Η φάση της εξερεύνησης είναι παρούσα στις Δραστηριότητες 2,3 και 4 των δύο προτεινόμενων φύλλων εργασίας. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι:

➤ Στο φύλλο εργασίας 1, στην Δραστηριότητα 3 οι μαθητές μέσα από τρία εικονικά πειράματα που έχουν επιλεγεί στοχευμένα υπολογίζουν την ορμή συστήματος σε εργαστηριακό περιβάλλον στο οποίο όμως έχουν την δυνατότητα πολλών δοκιμών. Συγκεκριμένα, εξερευνούν την κεντρική κρούση δύο σωμάτων στις περιπτώσεις που τα σώματα κινούνται ομόρροπα πριν την κρούση και αυτή είναι ελαστική, που τα σώματα κινούνται αντίρροπα πριν την κρούση και αυτή είναι ελαστική και τέλος στην περίπτωση που τα σώματα κινούνται ομόρροπα πριν την κρούση και αυτή είναι πλαστική.

➤ Στο φύλλο εργασίας 2, στις δραστηριότητες 2,3 και 4 οι μαθητές εξερευνούν σε περιβάλλον εικονικού εργαστηρίου την αλληλεπίδραση των σωμάτων μέσω της μεταβλητής δύναμης του ελατηρίου έχοντας την δυνατότητα να μετρήσουν το χρόνο της αλληλεπίδρασης και να εφαρμόσουν τόσο τους νόμους του Newton, όσο και την αρχή διατήρησης της Ενέργειας.

3. Εξήγηση (Φάση3) Ο εκπαιδευτικός κατευθύνει την προσοχή των μαθητών, έτσι ώστε να εντοπίσουν συγκεκριμένες πτυχές της δραστηριότητας που ερευνούν. Όπου χρειάζεται δίνει επιστημονικές ή τεχνολογικές εξηγήσεις με άμεσο και τυπικό τρόπο.

Ο εκπαιδευτικός κατευθύνει τους μαθητές σε όλη την έκταση του σεναρίου μέσω της

δόμησης των φύλλων εργασίας. Στην προτεινόμενη διδασκαλία καθοριστικής σημασίας για την επιτυχία της φάσης 3 είναι να δίδεται η δυνατότητα στον εκπαιδευτικό και στους μαθητές να παρεμβαίνουν με παρατηρήσεις και ερωτήσεις κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας.

4. Επεξεργασία (Φάση4) Ακολουθεί συζήτηση στην εικονική τάξη, όπου κάθε μαθητής λέει τι έχει καταλάβει από το αντικείμενο μελέτης, παίρνοντας ανατροφοδότηση από τους συμμαθητές του και τον καθηγητή. Η συζήτηση αυτή, έχει ως αποτέλεσμα τον καλύτερο προσδιορισμό του έργου και της συγκέντρωσης της μέγιστης δυνατής γνώσης.

Στην διδασκαλία καθοριστικής σημασίας για την επιτυχία της φάσης 4 είναι η συζήτηση που έχει προβλεφθεί σε συγκεκριμένα σημεία των φύλλων εργασίας που είναι τα σημεία αμέσως μετά την ολοκλήρωση μίας προσομοίωσης ή/και δραστηριότητας.

5. Αξιολόγηση Οι μαθητές αξιολογούν τις ικανότητες τους και το βαθμό στον οποίο κατανόησαν το περιεχόμενο διδασκαλίας. Ο εκπαιδευτικός αξιολογεί την πρόοδο των μαθητών, καθώς και την επίτευξη των εκπαιδευτικών στόχων.

Η αξιολόγηση της κατανόησης του περιεχομένου της διδασκαλίας, αλλά και της εκπαιδευτικής διαδικασίας θα πραγματοποιηθεί από την ενδελεχή ανάλυση των φύλλων εργασίας που θα λάβει ο εκπαιδευτικός. Επίσης ως τελευταία δραστηριότητα σε κάθε φύλλο εργασίας προβλέπονται ερωτήσεις ή ασκήσεις αξιολόγησης για το σπίτι.

Περιγραφή και αιτιολόγηση των δραστηριοτήτων-Δομή διδασκαλίας

Αλληλεπίδραση μαθητών: Διά ζώσης διδασκαλία, Διάλογος με χρήση επιστημονικών επιχειρημάτων

Κύρια μέθοδος διδασκαλίας: Διερευνητική προσέγγιση

Στρατηγική διδασκαλίας – ροή μαθήματος κατά την εφαρμογή του 1^{ου} Φύλλου Εργασίας:

Δραστηριότητα 1

Οι ερωτήσεις 1 και 2 χρησιμοποιούνται ως έναυσμα ενδιαφέροντος. Ταυτόχρονα μέσω των απαντήσεων, ο εκπαιδευτικός ελέγχει προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών και πιθανές εναλλακτικές αντιλήψεις αυτών. Οι ερωτήσεις έχουν να κάνουν με καθημερινές εμπειρίες των μαθητών και δεν διατυπώνονται με αυστηρή επιστημονική ορολογία. Είναι σημαντικό ότι μέσω των ερωτήσεων γίνεται καταγραφή των απόψεων όλων των μαθητών. Συγκεκριμένα μέσω των ερωτήσεων 1 και 2 ελέγχεται ένα πρώτο επίπεδο κατανόησης του φυσικού μεγέθους της ορμής σε φαινόμενα της καθημερινότητας.

Στην συνέχεια ακολουθεί σύντομη ιστορική αναδρομή που σχετίζεται με την εισαγωγή της έννοιας της ορμής στην επιστήμη της Φυσικής αλλά και μικρή επανάληψη της θεωρίας. Αυτό το τμήμα περιλαμβάνεται στο φύλλο εργασίας καθώς έχει παρέλθει ένα ικανό χρονικό διάστημα από την περίοδο που οι μαθητές διδάχθηκαν την επιμέρους θεματική και

παράλληλα δεν τους ζητήθηκε να κάνουν εκτεταμένη επανάληψη πριν την πραγματοποίηση του φύλλου εργασίας.

Δραστηριότητα 2

Η δραστηριότητα 2 και έχει ως στόχους τόσο να αναδείξει στρεβλές αντιλήψεις των μαθητών (εναλλακτική αντίληψη 2) όσο και να τους βοηθήσει να διακρίνουν τη διαφορά μεταξύ μέτρου και τιμής στο διάνυσμα της ορμής σώματος, αλλά και σε κάθε διανυσματικό μέγεθος. Η δραστηριότητα στοχεύει στους γνωστικούς διδακτικούς στόχους 1, 7 και ακολουθεί το μοντέλο της δομημένης διερεύνησης. Δίνει επίσης τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να ελέγξει κατά πόσο οι μαθητές εφαρμόζουν στην πράξη τις θεωρητικές γνώσεις. Κατά τη διαδικασία της «δομημένης διερεύνησης», δίνεται στους μαθητές το ερώτημα και ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει τη διαδικασία που οι μαθητές θα χρησιμοποιήσουν για να οδηγηθούν σε συμπέρασμα, το οποίο δεν είναι γνωστό εκ των προτέρων. Κατά τη διερευνητική αυτή διαδικασία ο εκπαιδευτικός οδηγεί τους μαθητές βήμα προς βήμα.

Για την επίτευξη του στόχου στην παρούσα δραστηριότητα, αλλά και στις επόμενες επιλέχθηκε οι μαθητές να εκτελέσουν τρία εικονικά πειράματα μέσω προσομοίωσης. Και τα τρία πειράματα αναφέρονται σε κεντρικές κρούσεις. Στις δύο πρώτες επιλέχθηκε τα σώματα να κινούνται ομόρροπα και αντίρροπα αντίστοιχα και να συγκρούονται ελαστικά, ενώ στην τρίτη τα σώματα να κινούνται ομόρροπα και η κρούση να είναι πλαστική. Στους μαθητές ζητείται να κάνουν υπολογισμούς πριν την κρούση χωρίς να εκτελέσουν την προσομοίωση για να αναδειχθούν οι πιθανές παρανοήσεις και στην συνέχεια καλούνται να εκτελέσουν την προσομοίωση τόσο για να συμπληρώσουν τα ζητούμενα για τις ορμές των σωμάτων μετά την κρούση όσο και για να μην αναγκασθούν να εφαρμόσουν την αρχή διατήρησής της ορμής καθώς αυτό αποτελεί στόχο επόμενης δραστηριότητας.

Τέλος με τον τρόπο που έχει οικοδομηθεί το φύλλο εργασίας σε αυτή, αλλά και στις επόμενες δραστηριότητες, ικανοποιούνται όλοι οι στόχοι που αναφέρονται σε Ικανότητες-Δεξιότητες και Στάσεις που έχουν τεθεί στα πλαίσια του σεναρίου.

Δραστηριότητα 3

Η δραστηριότητα 3 έχει ως στόχο να αναδείξει στρεβλές αντιλήψεις των μαθητών (εναλλακτικές αντιλήψεις 1,2) όσο και να τους βοηθήσει να εξοικειωθούν με τη διανυσματική άθροιση συγγραμμικών διανυσμάτων (ορμές) . Η δραστηριότητα στοχεύει στους γνωστικούς διδακτικούς στόχους 1,2 και 7 και ακολουθεί το μοντέλο της δομημένης διερεύνησης. Θεωρείται απολύτως απαραίτητη διαδικασία για να μπορέσει ένας μαθητής σε δεύτερο χρόνο, να εφαρμόζει την αρχή διατήρησης της ορμής. Κατά τη διαδικασία της «δομημένης διερεύνησης», δίνεται στους μαθητές το ερώτημα και ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει τη διαδικασία που οι μαθητές θα χρησιμοποιήσουν για να οδηγηθούν σε συμπέρασμα, το οποίο δεν είναι γνωστό εκ των προτέρων. Κατά τη διερευνητική αυτή διαδικασία ο εκπαιδευτικός οδηγεί τους μαθητές βήμα προς βήμα.

Για την επίτευξη του στόχου στην παρούσα δραστηριότητα, επιλέχθηκε οι μαθητές να εκτελέσουν τρία εικονικά πειράματα μέσω προσομοίωσης, που αναφέρονται σε κεντρικές κρούσεις και αναφέρθηκαν αναλυτικά στην δραστηριότητα 2. Στους μαθητές ζητείται να κάνουν υπολογισμούς και να συμπληρώσουν Πίνακες για το σύστημα σωμάτων εφαρμόζοντας την διανυσματική άθροιση πριν την κρούση, για τα τρία πειράματα και χωρίς

να εκτελέσουν την προσομοίωση για να αναδειχθούν οι πιθανές παρανοήσεις και στην συνέχεια καλούνται να εκτελέσουν την προσομοίωση τόσο για να συμπληρώσουν τα ζητούμενα για τις ορμές του συστήματος σωμάτων μετά την κρούση όσο και για να μην αναγκασθούν να εφαρμόσουν την αρχή διατήρησής της ορμής καθώς αυτό αποτελεί στόχο επόμενης δραστηριότητας.

Τέλος ολοκληρώνοντας την δραστηριότητα ζητείται από τους μαθητές να συμπεράνουν τη διατήρηση της ορμής του συστήματος σωμάτων πριν και μετά την κρούση.

Δραστηριότητα 4

Η δραστηριότητα 4 έχει ως στόχο να αναδείξει στρεβλές αντιλήψεις των μαθητών (εναλλακτικές αντιλήψεις 1,2 και 4) όσο και να τους βοηθήσει να εξοικειωθούν με τη διανυσματική αφαίρεση συγγραμμικών διανυσμάτων (ορμές) . Η δραστηριότητα στοχεύει στους γνωστικούς διδακτικούς στόχους 1, 3, 4 και 7 και ακολουθεί το μοντέλο της δομημένης διερεύνησης. Θεωρείται απολύτως απαραίτητη διαδικασία για να μπορέσει ένας μαθητής σε δεύτερο χρόνο, να υπολογίζει τη μέση δύναμη που ασκεί το ένα σώμα στο άλλο κατά την αλληλεπίδραση τους (κρούση) και τη σχέση που διέπει τις δυνάμεις κάθε χρονική στιγμή (3^{ος} νόμος Newton). Κατά τη διαδικασία της «δομημένης διερεύνησης», δίνεται στους μαθητές το ερώτημα και ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει τη διαδικασία που οι μαθητές θα χρησιμοποιήσουν για να οδηγηθούν σε συμπέρασμα, το οποίο δεν είναι γνωστό εκ των προτέρων. Κατά τη διερευνητική αυτή διαδικασία ο εκπαιδευτικός οδηγεί τους μαθητές βήμα προς βήμα.

Για την επίτευξη των στόχων στην παρούσα δραστηριότητα, επιλέχθηκε οι μαθητές να εκτελέσουν τα ίδια τρία εικονικά πειράματα μέσω προσομοίωσης, που αναφέρονται σε κεντρικές κρούσεις και αναφέρθηκαν αναλυτικά στην δραστηριότητα 2. Στους μαθητές ζητείται να κάνουν υπολογισμούς και να συμπληρώσουν Πίνακες για το σύστημα σωμάτων εφαρμόζοντας την διανυσματική αφαίρεση πριν και μετά την κρούση, καθώς και για το κάθε σώμα ξεχωριστά, για τα τρία πειράματα.

Τέλος ολοκληρώνοντας την δραστηριότητα αναμένεται οι μαθητές να συμπεράνουν:

- τη διατήρηση της ορμής του συστήματος σωμάτων πριν και μετά την κρούση,
- και ότι οι μεταβολές της ορμής των σωμάτων που αλληλεπιδρούν κατά την κρούση έχουν αντίθετες αλγεβρικές τιμές και ίδιο μέτρο.

Στρατηγική διδασκαλίας – ροή μαθήματος κατά την εφαρμογή του 2^{ου} Φύλλου Εργασίας:

Δραστηριότητα 1

Οι ερωτήσεις 1, 2 και 3 χρησιμοποιούνται ως έναυσμα ενδιαφέροντος. Ταυτόχρονα μέσω των απαντήσεων, ο εκπαιδευτικός ελέγχει προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών και πιθανές εναλλακτικές αντιλήψεις αυτών. Οι ερωτήσεις έχουν να κάνουν με καθημερινές εμπειρίες των μαθητών και δεν διατυπώνονται με αυστηρή επιστημονική ορολογία. Είναι σημαντικό ότι μέσω των ερωτήσεων γίνεται καταγραφή των απόψεων όλων των μαθητών. Συγκεκριμένα μέσω των ερωτήσεων 1 και 2 ελέγχεται ένα πρώτο επίπεδο κατανόησης του της αρχής διατήρησης της ορμής σε φαινόμενα της καθημερινότητας ενώ με την ερώτηση 3 ελέγχεται αν οι μαθητές κατανοούν γιατί το σύστημα δεν είναι μονωμένο και υπό ποιες προϋποθέσεις μπορεί να θεωρηθεί μονωμένο (εναλλακτική αντίληψη 8).

Στην συνέχεια ακολουθεί σύντομη επανάληψη της θεωρίας στην οποία αναφέρεται η μαθηματική και θεωρητική διατύπωση της αρχής διατήρησης της ορμής, τα φαινόμενα στα οποία συνήθως εφαρμόζεται καθώς και η σύνδεση της αρχής με τον 3^ο νόμο του Newton. Αυτό το τμήμα περιλαμβάνεται στο φύλλο εργασίας καθώς έχει παρέλθει ένα ικανό χρονικό διάστημα από την περίοδο που οι μαθητές διδάχθηκαν την επιμέρους θεματική και παράλληλα δεν πρέπει να τους ζητηθεί να κάνουν εκτεταμένη επανάληψη πριν την πραγματοποίηση του φύλλου εργασίας.

Δραστηριότητα 2

Η δραστηριότητα 2 και έχει ως στόχους τόσο να αναδείξει στρεβλές αντιλήψεις των μαθητών (εναλλακτικές αντίληψης 3, 5, 6, και 7) όσο και να τους βοηθήσει να κατανοήσουν την εφαρμογή του σχολικού βιβλίου μέσω του εικονικού εργαστηρίου. Η δραστηριότητα στοχεύει στους γνωστικούς διδακτικούς στόχους 4, 5 και 7 και ακολουθεί το μοντέλο της δομημένης διερεύνησης. Δίνει επίσης τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να ελέγξει κατά πόσο οι μαθητές εφαρμόζουν στην πράξη τις θεωρητικές γνώσεις. Κατά τη διαδικασία της «δομημένης διερεύνησης», δίνεται στους μαθητές το ερώτημα και ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει τη διαδικασία που οι μαθητές θα χρησιμοποιήσουν για να οδηγηθούν σε συμπέρασμα, το οποίο δεν είναι γνωστό εκ των προτέρων. Κατά τη διερευνητική αυτή διαδικασία ο εκπαιδευτικός οδηγεί τους μαθητές βήμα προς βήμα.

Για την επίτευξη των στόχων στην παρούσα δραστηριότητα, αλλά και στις επόμενες επιλέχθηκε οι μαθητές να εκτελέσουν δύο εικονικά πειράματα μέσω προσομοίωσης. Το πρώτο πείραμα αναφέρεται σε αλληλεπίδραση δύο σωμάτων μέσω ελατηρίου. Το πείραμα επιλέχθηκε γιατί η χρονική διάρκεια της αλληλεπίδρασης είναι μετρήσιμη και αυτό δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να εμβαθύνουν στον μηχανισμό της αλληλεπίδρασης, να κάνουν υπολογισμούς ορμής σώματος και συστήματος, να παρατηρήσουν αν οι δυνάμεις που ασκούνται κατά της αλληλεπίδραση είναι σταθερές ή μεταβλητές και να μετρήσουν την παραμόρφωση του ελατηρίου. Το 2^ο πείραμα είναι επέκταση του 1^{ου} αφού προστίθενται τοιχώματα και οι μαθητές καλούνται να μελετήσουν κεντρική ελαστική κρούση με ακλόνητο σώμα και να κάνουν υπολογισμούς για την μεταβολή της ορμής άμεσα για τα σώματα και έμμεσους για τα τοιχώματα με στόχο να εμβαθύνουν στον 3^ο νόμο του Newton.

Στα πλαίσια τις επίτευξης των γνωστικών στόχων, στους μαθητές ζητείται να κάνουν υπολογισμούς σε σχέση με την ορμή του συστήματος και να εφαρμόσουν την διατήρηση της, χωρίς να εκτελέσουν την προσομοίωση, για να λύσουν ένα πρόβλημα και στην συνέχεια καλούνται να εκτελέσουν την προσομοίωση τόσο για να επιβεβαιώσουν την ορθότητα της λύσης τους όσο και για να οδηγηθούν στο συμπέρασμα της διατήρησης της ορμής του συστήματος κατά την αλληλεπίδραση των σωμάτων με το ελατήριο. Στη συνέχεια προσθέτοντας στην προσομοίωση τα τοιχώματα, προχωρούν στο δεύτερο εικονικό πείραμα και συμπληρώνουν τον Πίνακα 2 με τις μεταβολές τις ορμής των σωμάτων που συμμετέχουν στο φαινόμενο (Σώματα, ελατήριο και τοιχώματα). Ως τελευταίο βήμα οι μαθητές πρέπει να συμπεράνουν ότι κατά την κρούση των σωμάτων με τα τοιχώματα δεν υπάρχουν απώλειες ενέργειας για το σύστημα σώμα τοίχωμα.

Τέλος με τον τρόπο που έχει οικοδομηθεί το φύλλο εργασίας σε αυτή, αλλά και στις επόμενες δραστηριότητες, ικανοποιούνται όλοι οι στόχοι που αναφέρονται σε Ικανότητες-Δεξιότητες και Στάσεις που έχουν τεθεί στα πλαίσια του σεναρίου.

Δραστηριότητα 3

Η δραστηριότητα 3 και έχει ως στόχους τόσο να αναδείξει στρεβλές αντιλήψεις των μαθητών (εναλλακτικές αντίληψης 3, 4, 5, 6, και 7) όσο και να τους βοηθήσει να κατανοήσουν τον όρο μέση δύναμη που αναφέρεται σε πολλά προβλήματα του σχολικού βιβλίου. Η δραστηριότητα στοχεύει στους γνωστικούς διδακτικούς στόχους 4, 5, 6 και 7 και ακολουθεί το μοντέλο της δομημένης διερεύνησης. Δίνει επίσης τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να ελέγξει κατά πόσο οι μαθητές εφαρμόζουν στην πράξη τις θεωρητικές γνώσεις. Κατά τη διαδικασία της «δομημένης διερεύνησης», δίνεται στους μαθητές το ερώτημα και ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει τη διαδικασία που οι μαθητές θα χρησιμοποιήσουν για να οδηγηθούν σε συμπέρασμα, το οποίο δεν είναι γνωστό εκ των προτέρων. Κατά τη διερευνητική αυτή διαδικασία ο εκπαιδευτικός οδηγεί τους μαθητές βήμα προς βήμα.

Για την επίτευξη των στόχων στην παρούσα δραστηριότητα, επιλέχθηκε οι μαθητές να εκτελέσουν το δεύτερο πείραμα που περιγράφηκε στην δραστηριότητα 2. Μέσω της δραστηριότητας 3 επιδιώκεται οι μαθητές να εμβαθύνουν στον μηχανισμό της αλληλεπίδρασης κάνοντας υπολογισμούς των δυνάμεων, που εμφανίζονται στο εικονικό πείραμα. Οι μαθητές παρατηρούν τις μεταβλητές δυνάμεις που εμφανίζονται κατά την αλληλεπίδραση και ικανοποιούν τον 3^ο νόμο του Newton, ενώ υπολογίζουν την μέση δύναμη εφαρμόζοντας την γενική έκφραση του 2^{ου} νόμου του Newton.

Δραστηριότητα 4

Η δραστηριότητα 4 έχει ως στόχο να παρατηρήσουν οι μαθητές ότι η ολική κινητική ενέργεια του συστήματος διατηρείται πριν και μετά από μία ελαστική αλληλεπίδραση αλλά κατά την αλληλεπίδραση ένα μέρος της μετατρέπεται σε ελαστική δυναμική ενέργεια παραμόρφωσης. Η δραστηριότητα στοχεύει τους γνωστικούς διδακτικούς στόχους 5, 6 και 7 και ακολουθεί το μοντέλο τους «καθοδηγούμενης διερεύνησης».

Σε αυτόν τον τύπο διερεύνησης ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει το θέμα και παρέχει τους μαθητές τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν κατά τη διερεύνηση. Ο χειρισμός του διδακτικού υλικού γίνεται από τους μαθητές και οι μαθητές δέχονται οδηγίες να ακολουθήσουν τα βήματα του φύλλου εργασίας για κάθε βήμα τους διερευνητικής τους δραστηριότητας. Οι μαθητές εκτελούν το πείραμα 2 που περιγράφηκε στην δραστηριότητα 2 και καλούνται να χρησιμοποιήσουν το εικονικό εργαστήριο για να απαντήσουν σε ερωτήσεις και να επιλύσουν ένα πρόβλημα. Για να το πετύχουν πρέπει να εφαρμόσουν την αρχή διατήρησης της ορμής και την αρχή διατήρησης της ενέργειας σε κατάλληλες θέσεις και μπορούν είτε να προβλέψουν είτε να ελέγξουν τα αποτελέσματα τους εκτελώντας την προσομοίωση.

Δραστηριότητα 5

Η δραστηριότητα 5, είναι μία δραστηριότητα αξιολόγησης για το σπίτι όπου οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε ερωτήσεις εφαρμόζοντας ακριβώς αυτά που χρησιμοποίησαν στο φύλλο εργασίας.

Φύλλο Εργασίας (1)

Τίτλος μαθήματος: «Ο διανυσματικός χαρακτήρας της ορμής»

Διά ζώσης διδασκαλία

Τάξη: Φυσική Προσανατολισμού Β Λυκείου

Ονοματεπώνυμο μαθητή:

Δραστηριότητα1

Ερώτηση 1: «Κατά τη διάρκεια εργασιών σε μία οικοδομή, από το ύψος του μπαλκονιού του πρώτου ορόφου πέφτει κατά λάθος ένα σφυρί. Σε μια άλλη περίπτωση από το ίδιο μπαλκόνι ένα παιδάκι αφήνει να πέσει ένα μπαλάκι του τένις». Σε ποια από τις δύο περιπτώσεις ένα παρκκαρισμένο αυτοκίνητο που βρίσκεται στο δρόμο κάτω από το μπαλκόνι, θα πάθαινε μεγαλύτερη ζημιά;

Απάντηση με σύντομη αιτιολόγηση χρησιμοποιώντας και επιστημονική ορολογία:

.....

.....

.....

Ερώτηση 2: «Αν εκτοξεύσουμε ένα βλήμα αεροβόλου όπλου (σκάγι) με όλη μας τη δύναμη προς μία τζαμαρία είναι μάλλον απίθανο να σπάσει, σε αντίθεση με την περίπτωση που πυροβολήσουμε τη τζαμαρία με αεροβόλο όπλο, χρησιμοποιώντας το ίδιο βλήμα. Εξηγήστε τα διαφορετικά αποτελέσματα της σύγκρουσης βλήματος-τζαμαρίας χρησιμοποιώντας και επιστημονική ορολογία:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Ιστορική Αναδρομή: Η εμπειρία μας διδάσκει ότι κάθε κινούμενο αντικείμενο, λόγω του ότι έχει μάζα, έχει τη δυνατότητα να «κάνει ζημιά». Έχει τη δυνατότητα να μεταβιβάσει την κίνησή του σε ένα άλλο. Θέλοντας να περιγράψουν και να «μετρήσουν» αυτή τη δυνατότητα οι φυσικοί επινόησαν δύο έννοιες. Τον 17ο αιώνα την ΟΡΜΗ και 150 χρόνια αργότερα την ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ. Ο Ισαάκ Νεύτων ασχολείται για περισσότερα από 30 χρόνια με τα ζητήματα της μηχανικής και την αρχή της αδράνειας. Οι έρευνές του παίρνουν την τελική τους μορφή στις Principia όπου περιγράφει τις πλανητικές κινήσεις με όρους ελκτικών βαρυτικών δυνάμεων προς το κέντρο (κεντρομόλες δυνάμεις) και όχι πλέον με όρους φυγόκεντρης δύναμης. Η Νευτώνεια δύναμη θεωρείται εξωτερική για το σώμα πάνω στο οποίο δρα, μπορεί να μεταβάλλει την κίνηση αλλά δεν είναι απαραίτητη για να συντηρηθεί η κίνηση. Το εννοιολογικό περιεχόμενο της Νευτώνειας δύναμης προσδιορίζεται σε μεγάλο

βαθμό από τους τρεις νόμους της κίνησης, γεγονός που σημαίνει ότι η μηχανική του Νεύτωνα πρέπει να προσεγγίζεται. Στη Γαλλία η Νευτώνια Μηχανική συνδιαλέγεται με τον κυρίαρχο καρτεσιανισμό ενώ συγχρόνως τροποποιείται από αυτόν. Πρακτικά, η Νευτώνεια μηχανική γίνεται αποδεκτή ως μια καλή μαθηματική περιγραφή του κόσμου, κρατείται, όμως, η καρτεσιανή Φυσική για την αιτιακή εξήγηση. Αυτό που ενοχλεί τους ηπειρωτικούς είναι η έννοια της δύναμης από απόσταση την οποία θεωρούν απόκρυφη και μυστικιστική. Αρκετοί μαθηματικοί, όπως ο d'Alembert και ο Maupertuis προσπαθούν να θεμελιώσουν τη μηχανική απουσία των νευτώνειων δυνάμεων, χωρίς, όμως, επιτυχία. Παράλληλα, οι ηπειρωτικοί μαθηματικοί εξοικειώνονται και χρησιμοποιούν τον Απειροστικό λογισμό στη Μηχανική, αναδιατυπώνοντάς την σταδιακά στη γλώσσα της Άλγεβρας. Κύριοι συντελεστές στη διαδικασία της αλγεβρικής-αναλυτικής αναδιατύπωσης της μηχανικής είναι ο Pierre Varignon, ο L'Hospital, ο Johan Bernoulli, ο Euler και ο Lagrange. Η μηχανική του δέκατου όγδοου αιώνα στηρίζεται, πλέον, σε αρχές και όχι σε πρόσωπα. Η «ποσότητα κίνησης» (mv) του Descartes θα μετεξελιχθεί τελικά στην «ορμή», ενώ τον 19ο αιώνα η «vis viva» (mv^2) θα ονομαστεί «κινητική ενέργεια». Η ιστορία της συγκρότησης και αναδιατύπωσης της κλασικής μηχανικής είναι μια εξαιρετικά δύσκολη διαδικασία που κρατά πάνω από δύο αιώνες. (Eighteenth-Century Attempts to Resolve the Vis viva Controversy Author(s): Thomas L. Hankins Source: Isis, Vol. 56, No. 3 (Autumn, 1965), pp. 281-297 Published by: The University of Chicago Press on behalf of The History of Science Society)

Δραστηριότητα 2

1. Ανοίξτε την [Προσομοίωση 1](#). Με την προσομοίωση αυτή μπορούμε να μελετήσουμε, την ορμή σώματος, την ορμή συστήματος σωμάτων, καθώς και τις μεταβολές τους κατά την κεντρική κρούση δύο σφαιρών. Έχουμε την δυνατότητα να μεταβάλλουμε τις μάζες και τις ταχύτητες των σωμάτων καθώς και τον συντελεστή κρούσης. Αν η ελαστικότητα = 0 έχουμε πλαστική κρούση ενώ αν ελαστικότητα = 100% έχουμε ελαστική. Επίσης από το μενού των δεδομένων μπορούμε να επιλέγουμε σε κάθε δοκιμή αυτά που μας ενδιαφέρουν. Εξαιτίας της λανθασμένης μετάφρασης της προσομοίωσης στα Ελληνικά Παρατηρήστε ότι λέγοντας επιτάχυνση εννοεί ταχύτητα, ενώ με τον όρο αλλαγή της ορμής εννοεί Μεταβολή της ορμής.
2. Εμείς σε αυτή τη δραστηριότητα και με τις δοκιμές που θα πραγματοποιήσουμε σε αυτό το περιβάλλον του «εικονικού εργαστηρίου», θα προσπαθήσουμε να εξοικειωθούμε με το διανυσματικό χαρακτήρα του φυσικού μεγέθους της ορμής. Στα πειράματα 1 και 2 τοποθετήστε στις ρυθμίσεις το ελαστικότητα = 100% (ελαστική κρούση), ενώ στο πείραμα 3 τοποθετήστε στις ρυθμίσεις το ελαστικότητα = 0 (πλαστική κρούση). Τις τιμές της ταχύτητας μπορείτε να τις επιλέξετε από το υπο-μενού περισσότερα δεδομένα για το κάθε σώμα είτε επιλέγοντας τα διανύσματα και αυξομειώνοντας το μήκος τους.
3. Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα ΧΩΡΙΣ να εκτελέσετε τα πειράματα μέσω της προσομοίωσης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1			
Πείραμα 1 (ελαστικότητα = 100%)			
Πριν την κρούση			
Μάζα 1 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 1 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
1	0,3		
Μάζα 2 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 2 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
2	- 0,1		
Πείραμα 2 (ελαστικότητα = 100%)			
Πριν την κρούση			
Μάζα 1 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 1 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
1	0,3		
Μάζα 2 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 2 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
2	0,1		
Πείραμα 3 (ελαστικότητα = 0)			
Πριν την κρούση			
Μάζα 1 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 1 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
1	0,5		
Μάζα 2 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 2 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
2	0,1		

4. Επιλέξτε από το μενού στο πάνω μέρος της οθόνης σας, τα κουτάκια:

- αργά
- ορμή

με τα οποία το φαινόμενο εξελίσσεται αργά, «παγώνει» όταν επιλέγεται το κουμπί της παύσης δηλαδή απεικονίζεται ένα στιγμιότυπο των σφαιρών ακριβώς πριν συγκρουστούν οπότε μπορείτε να δείτε τις αλγεβρικές τιμές των ταχυτήτων και των ορμών των δύο σφαιρών, τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Το οριζόντιο δάπεδο στο οποίο κινούνται οι σφαίρες είναι λείο, οπότε πριν και μετά τη σύγκρουση αυτές εκτελούν ευθύγραμμη ομαλή κίνηση και θετική φορά έχει οριστεί αυτή προς τα δεξιά όπως βλέπετε την οθόνη του υπολογιστή σας.

5. Ενημερώστε τον καθηγητή σας, εάν συμπληρώσατε σωστά τον πίνακα, διαφορετικά, πείτε τα προβλήματα που αντιμετωπίσατε, είτε απορίες που σας δημιουργήθηκαν για να ακολουθήσει συζήτηση πάνω σε αυτά.
6. Στην συνέχεια επαναλάβετε τα τρία πειράματα έχοντας επιλέξει από το μενού στο πάνω μέρος της οθόνης σας, μόνο το κουτάκι ορμή και συμπληρώστε τον **Πίνακα 2**, με τη βοήθεια των υπολογισμών των αλγεβρικών τιμών των ορμών και των ταχυτήτων των σφαιρών μετά την κρούση που έχουν γίνει για εσάς μέσω της προσομοίωσης των πειραμάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2			
<i>Πείραμα 1 (ελαστικότητα = 100%)</i>			
<i>Μετά την κρούση</i>			
<i>Μάζα 1^{ου} σώματος (kg)</i>	<i>Τιμή ταχύτητας 1^{ου} σώματος (m/s)</i>	<i>Τιμή ορμής 1^{ου} σώματος (kg·m/s)</i>	<i>Μέτρο ορμής 1^{ου} σώματος (kg·m/s)</i>
1			
<i>Μάζα 2^{ου} σώματος (kg)</i>	<i>Τιμή ταχύτητας 2^{ου} σώματος (m/s)</i>	<i>Τιμή ορμής 2^{ου} σώματος (kg·m/s)</i>	<i>Μέτρο ορμής 2^{ου} σώματος (kg·m/s)</i>
2			
<i>Πείραμα 2 (ελαστικότητα = 100%)</i>			
<i>Μετά την κρούση</i>			
<i>Μάζα 1^{ου} σώματος (kg)</i>	<i>Τιμή ταχύτητας 1^{ου} σώματος (m/s)</i>	<i>Τιμή ορμής 1^{ου} σώματος (kg·m/s)</i>	<i>Μέτρο ορμής 1^{ου} σώματος (kg·m/s)</i>
1			
<i>Μάζα 2^{ου} σώματος (kg)</i>	<i>Τιμή ταχύτητας 2^{ου} σώματος (m/s)</i>	<i>Τιμή ορμής 2^{ου} σώματος (kg·m/s)</i>	<i>Μέτρο ορμής 2^{ου} σώματος (kg·m/s)</i>
2			
<i>Πείραμα 3 (ελαστικότητα = 0)</i>			
<i>Μετά την κρούση</i>			

Μάζα συσσωματώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας συσσωματώματος (m/s)	Τιμή ορμής συσσωματώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής συσσωματώματος (kg·m/s)
3			

7. Ενημερώστε τον καθηγητή σας, εάν συμπληρώσατε σωστά τον πίνακα, διαφορετικά, πείτε τα προβλήματα που αντιμετωπίσατε, είτε απορίες που σας δημιουργήθηκαν για να ακολουθήσει συζήτηση πάνω σε αυτά.

Δραστηριότητα 3 (Διανυσματική πρόσθεση-Ορμή Συστήματος)

Η έννοια της ορμής είναι πολύ χρήσιμη και σημαντική στην περίπτωση που έχουμε δύο ή περισσότερα σώματα που αλληλεπιδρούν (σύστημα σωμάτων). Ο ορισμός του συστήματος των σωμάτων είναι αυθαίρετος και εξαρτάται από εμάς. Ορίζουμε το σύστημα ανάλογα με την ανάλυση που θέλουμε να κάνουμε ή το πρόβλημα που θέλουμε να λύσουμε. Στα παραπάνω τρία πειράματα θα θεωρήσουμε ως σύστημα τις δύο σφαίρες. Το αποτέλεσμα της διανυσματικής πρόσθεσης δύο συγγραμμικών διανύσματος, οπότε και για την περίπτωση της ορμής:

$$\vec{p}_{\text{συστ}} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 \quad (1)$$

είναι επίσης διάνυσμα $\vec{p}_{\text{συστ}}$, του οποίου η αλγεβρική τιμή προκύπτει από το άθροισμα των αλγεβρικών τιμών των ορμών των σωμάτων που αποτελούν το σύστημα, σύμφωνα με την θετική φορά που έχει οριστεί αυθαίρετα στο πείραμα και μέτρο την απόλυτη τιμή αυτής (μήκος του διανύσματος). Το πρόσημο της αλγεβρικής τιμής του διανύσματος της ορμής του συστήματος είναι πολύ σημαντικό καθώς καθορίζει την κατεύθυνση του διανύσματος της ορμής του συστήματος.

1. Συμπληρώστε τον Πίνακα 3, για το πείραμα 1 **χωρίς** να εκτελέσετε το πείραμα της προσομοίωσης 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3			
<i>Πείραμα 1 (ελαστικότητα = 100%)</i>			
<i>Πριν την κρούση</i>			
Μάζα 1 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 1 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
1	0,3		
Μάζα 2 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 2 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
2	-0,1		
Σύστημα Σωμάτων			

Τιμή ορμής Συστήματος (kg·m/s)		Μέτρο ορμής Συστήματος (kg·m/s)	
<u>Αναλυτικός Υπολογισμός</u>			
Μετά την κρούση			
Μάζα 1 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 1 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
1	- 0,23		
Μάζα 2 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 2 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
2	+ 0,17		
Σύστημα Σωμάτων			
Τιμή ορμής Συστήματος (kg·m/s)		Μέτρο ορμής Συστήματος (kg·m/s)	
<u>Αναλυτικός Υπολογισμός</u>			

2. Στην συνέχεια εκτελέστε το πείραμα 1 έχοντας επιλέξει από το μενού στο πάνω μέρος της οθόνης σας, μόνο το κουτάκι ορμή και επιβεβαιώστε ότι συμπληρώσατε σωστά τον Πίνακα 3, με τη βοήθεια των υπολογισμών των μέτρων των ορμών και των ταχυτήτων των σφαιρών μετά την κρούση που έχουν γίνει για εσάς μέσω της προσομοίωσης των πειραμάτων.
3. Συμπληρώστε τον Πίνακα 4, για το πείραμα 2, αρχικά χωρίς να εκτελέσετε το πείραμα της προσομοίωσης 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4
<i>Πείραμα 2 (ελαστικότητα = 100%)</i>
<i>Πριν την κρούση</i>

Μάζα 1 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 1 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
1	0,3		
Μάζα 2 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 2 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
2	+ 0,1		
Σύστημα Σωμάτων			
Τιμή ορμής Συστήματος (kg·m/s)		Μέτρο ορμής Συστήματος (kg·m/s)	
<u>Αναλυτικός Υπολογισμός</u>			
Μετά την κρούση			
Μάζα 1 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 1 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
1	+ 0,03		
Μάζα 2 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 2 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
2	+ 0,23		
Σύστημα Σωμάτων			
Τιμή ορμής Συστήματος (kg·m/s)		Μέτρο ορμής Συστήματος (kg·m/s)	
<u>Αναλυτικός Υπολογισμός</u>			

4. Στην συνέχεια εκτελέστε το πείραμα 2 έχοντας επιλέξει από το μενού στο πάνω μέρος της οθόνης σας, μόνο το κουτάκι ορμή και επιβεβαιώστε ότι συμπληρώσατε

σωστά τον Πίνακα 4, με τη βοήθεια των υπολογισμών των μέτρων των ορμών και των ταχυτήτων των σφαιρών μετά την κρούση που έχουν γίνει για εσάς μέσω της προσομοίωσης των πειραμάτων.

5. Ομοίως συμπληρώστε τον Πίνακα 5, για το πείραμα 3 χωρίς να εκτελέσετε το πείραμα της προσομοίωσης 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5			
Πείραμα 3 (ελαστικότητα = 0)			
Πριν την κρούση			
Μάζα 1 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 1 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
2	0,5		
Μάζα 2 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 2 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
2	0,1		
Σύστημα Σωμάτων			
Τιμή ορμής Συστήματος (kg·m/s)		Μέτρο ορμής Συστήματος (kg·m/s)	
<u>Αναλυτικός Υπολογισμός</u>			
Μετά την κρούση			
Μάζα συσσωματώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας συσσωματώματος (m/s)	Τιμή ορμής συσσωματώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής συσσωματώματος (kg·m/s)
4	0,3		
Σύστημα Σωμάτων			
Τιμή ορμής Συστήματος (kg·m/s)		Μέτρο ορμής Συστήματος (kg·m/s)	
<u>Αναλυτικός Υπολογισμός</u>			

--	--

6. Στην συνέχεια εκτελέστε το πείραμα 3 έχοντας επιλέξει από το μενού στο πάνω μέρος της οθόνης σας, μόνο το κουτάκι ορμή και επιβεβαιώστε ότι συμπληρώσατε σωστά τον Πίνακα 5, με τη βοήθεια των υπολογισμών των μέτρων των ορμών και των ταχυτήτων των σφαιρών μετά την κρούση που έχουν γίνει για εσάς μέσω της προσομοίωσης των πειραμάτων.
7. Διατυπώστε το συμπέρασμα για το διάνυσμα της ορμής του συστήματος των δύο σφαιρών πριν και μετά την κρούση για τα 3 εικονικά πειράματα που εκτελέσατε.

Συμπέρασμα :.....

8. Όταν όλες οι ομάδες έχουν ολοκληρώσει θα ακολουθήσει συζήτηση στην ολομέλεια μεταξύ μαθητών και εκπαιδευτικού.

Δραστηριότητα 4(Διανυσματική αφαίρεση-Μεταβολή της ορμής σώματος ή συστήματος)

Για να βρούμε την μεταβολή της ορμής ενός σώματος (ή ενός συστήματος σωμάτων) αφαιρούμε την αρχική ορμή του από την τελική διανυσματικά ή διαφορετικά προσθέτουμε στην τελική ορμή του σώματος (ή του συστήματος) την αντίθετη της αρχικής ορμή του:

$$\Delta \vec{p} = \vec{p}_{\text{τελ}} - \vec{p}_{\text{αρχ}} = \vec{p}_{\text{τελ}} + (-\vec{p}_{\text{αρχ}}) \quad (2)$$

Αξίζει να σημειωθεί ότι τόσο η σχέση (2), όσο και η (1) είναι γενικές σχέσεις δηλαδή χρησιμοποιούνται και όταν οι ορμές των σωμάτων που αθροίζονται ή αφαιρούνται σχηματίζουν τυχαίες γωνίες και θα αποτελέσει αντικείμενο μελέτης στην επόμενη τάξη. Το αποτέλεσμα της διανυσματικής αφαίρεσης δύο συγγραμμικών διανυσμάτων, που θα μελετήσουμε σε αυτήν τη δραστηριότητα, είναι επίσης διάνυσμα, του οποίου η αλγεβρική τιμή προκύπτει από την αφαίρεση των αλγεβρικών τιμών των ορμών του σώματος (ή του συστήματος σωμάτων), ακριβώς μετά και ακριβώς πριν την κρούση σύμφωνα με την θετική φορά που έχει οριστεί αυθαίρετα στο πείραμα και μέτρο την απόλυτη τιμή αυτής (μήκος του διανύσματος). Το πρόσημο της αλγεβρικής τιμής του διανύσματος της μεταβολής της ορμής του σώματος (ή του συστήματος σωμάτων) είναι πολύ σημαντικό καθώς καθορίζει την κατεύθυνση του διανύσματος της μεταβολής της ορμής του σώματος (ή του συστήματος σωμάτων).

1. Συμπληρώστε τον **Πίνακα 6**, 7 και 8 για τα πειράματα 1, 2 και 3 αντίστοιχα που μελετήσαμε στις προηγούμενες δραστηριότητες της προσομοίωσης 1. Όπου σας χρειάζονται υπολογισμοί που πραγματοποιήσατε σε προηγούμενες μπορείτε να τους χρησιμοποιήσετε χωρίς να τους επαναλάβετε, για να συμπληρώσετε τα αντίστοιχα κελιά. Μπορείτε να εκτελείτε την προσομοίωση όποτε το επιθυμείτε έχοντας επιλέξει το κουτάκι αλλαγή στην ορμή για να παρατηρείτε την κατεύθυνση της μεταβολής της ορμής για κάθε σώμα ΚΑΤΑ την κρούση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6			
Πείραμα 1 (ελαστικότητα = 100%)			
Πριν την κρούση			
Μάζα 1 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 1 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
1	0,3		
Μάζα 2 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 2 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
2	-0,1		
Μετά την κρούση			

Μάζα 1 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 1 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
1	- 0,23		
Μάζα 2 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 2 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
2	+ 0,17		
Σύστημα Σωμάτων			
Πριν την κρούση			
Τιμή ορμής Συστήματος (kg·m/s)		Μέτρο ορμής Συστήματος (kg·m/s)	
Μετά την κρούση			
Τιμή ορμής Συστήματος (kg·m/s)		Μέτρο ορμής Συστήματος (kg·m/s)	
Τιμή της μεταβολής της ορμής του σώματος 1 κατά την κρούση, $\overrightarrow{\Delta p_1}$ (kg·m/s)		Μέτρο της μεταβολής της ορμής του σώματος 1 κατά την κρούση, $\overrightarrow{\Delta p_1}$ (kg·m/s)	
Αναλυτικός υπολογισμός:			
Τιμή της μεταβολής της ορμής του σώματος 2 κατά την κρούση, $\overrightarrow{\Delta p_2}$ (kg·m/s)		Μέτρο της μεταβολής της ορμής του σώματος 1 κατά την κρούση, $\overrightarrow{\Delta p_2}$ (kg·m/s)	
Αναλυτικός υπολογισμός:			

Τιμή της μεταβολής της ορμής του συστήματος σωμάτων κατά την κρούση, $\overrightarrow{\Delta p_{\text{συστ}}}$ (kg·m/s)	Μέτρο της μεταβολής της ορμής του συστήματος σωμάτων κατά την κρούση, $\overrightarrow{\Delta p_{\text{συστ}}}$ (kg·m/s)
Αναλυτικός υπολογισμός:	

ΠΙΝΑΚΑΣ 7			
Πείραμα 2 (ελαστικότητα = 100%)			
Πριν την κρούση			
Μάζα 1 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 1 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
1	0,3		
Μάζα 2 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 2 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
2	+0,1		
Μετά την κρούση			
Μάζα 1 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 1 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
2	+ 0,03		
Μάζα 2 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 2 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
4	+ 0,23		
Σύστημα Σωμάτων			
Πριν την κρούση			
Τιμή ορμής Συστήματος (kg·m/s)		Μέτρο ορμής Συστήματος (kg·m/s)	
Μετά την κρούση			
Τιμή ορμής Συστήματος		Μέτρο ορμής Συστήματος	

$(kg \cdot m/s)$	$(kg \cdot m/s)$
Τιμή της μεταβολής της ορμής του σώματος 1 κατά την κρούση, $\overrightarrow{\Delta p_1}$ $(kg \cdot m/s)$	Μέτρο της μεταβολής της ορμής του σώματος 1 κατά την κρούση, $\overrightarrow{\Delta p_1}$ $(kg \cdot m/s)$
Αναλυτικός υπολογισμός:	
Τιμή της μεταβολής της ορμής του σώματος 2 κατά την κρούση, $\overrightarrow{\Delta p_2}$ $(kg \cdot m/s)$	Μέτρο της μεταβολής της ορμής του σώματος 1 κατά την κρούση, $\overrightarrow{\Delta p_2}$ $(kg \cdot m/s)$
Αναλυτικός υπολογισμός:	
Τιμή της μεταβολής της ορμής του συστήματος σωμάτων κατά την κρούση, $\overrightarrow{\Delta p_{\text{συστ}}}$ $(kg \cdot m/s)$	Μέτρο της μεταβολής της ορμής του συστήματος σωμάτων κατά την κρούση, $\overrightarrow{\Delta p_{\text{συστ}}}$ $(kg \cdot m/s)$
Αναλυτικός υπολογισμός:	

ΠΙΝΑΚΑΣ 8			
Πείραμα 3 ($\epsilon = 0$)			
Πριν την κρούση			
Μάζα 1 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 1 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 1 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
2	+0,5		

Μάζα 2 ^{ου} σώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας 2 ^{ου} σώματος (m/s)	Τιμή ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής 2 ^{ου} σώματος (kg·m/s)
2	+0,1		
Μετά την κρούση			
Μάζα συσσωματώματος (kg)	Τιμή ταχύτητας συσσωματώματος (m/s)	Τιμή ορμής συσσωματώματος (kg·m/s)	Μέτρο ορμής συσσωματώματος (kg·m/s)
4	+ 0,3		
Σύστημα Σωμάτων			
Πριν την κρούση			
Τιμή ορμής Συστήματος (kg·m/s)		Μέτρο ορμής Συστήματος (kg·m/s)	
Μετά την κρούση			
Τιμή ορμής Συστήματος (kg·m/s)		Μέτρο ορμής Συστήματος (kg·m/s)	
Τιμή της μεταβολής της ορμής του σώματος 1 κατά την κρούση, $\overrightarrow{\Delta p_1}$ (kg·m/s)		Μέτρο της μεταβολής της ορμής του σώματος 1 κατά την κρούση, $\overrightarrow{\Delta p_1}$ (kg·m/s)	
Αναλυτικός υπολογισμός:			
Τιμή της μεταβολής της ορμής του σώματος 2 κατά την κρούση, $\overrightarrow{\Delta p_2}$ (kg·m/s)		Μέτρο της μεταβολής της ορμής του σώματος 1 κατά την κρούση, $\overrightarrow{\Delta p_2}$ (kg·m/s)	
Αναλυτικός υπολογισμός:			

<p>Τιμή της μεταβολής της ορμής του συστήματος σωμάτων κατά την κρούση,</p> $\overrightarrow{\Delta p_{\text{συστ}}} \text{ (kg}\cdot\text{m/s)}$	<p>Μέτρο της μεταβολής της ορμής του συστήματος σωμάτων κατά την κρούση,</p> $\overrightarrow{\Delta p_{\text{συστ}}} \text{ (kg}\cdot\text{m/s)}$
Αναλυτικός υπολογισμός:	

2. Διατυπώστε το συμπέρασμα για το διάνυσμα της μεταβολής της ορμής του συστήματος των δύο σφαιρών κατά την κρούση για τα 3 εικονικά πειράματα που εκτελέσατε.

Συμπέρασμα:.....
.....
.....
.....

3. Διατυπώστε το συμπέρασμα για τη σχέση που συνδέει τις μεταβολές της ορμής των δύο σφαιρών κατά την κρούση για τα 3 εικονικά πειράματα που εκτελέσατε.

Συμπέρασμα:.....
.....
.....
.....

4. Όταν όλες οι ομάδες έχουν ολοκληρώσει θα ακολουθήσει συζήτηση στην ολομέλεια μεταξύ μαθητών και εκπαιδευτικού.

Φύλλο Εργασίας (2)

Τίτλος μαθήματος: «Αρχή Διατήρησης της ορμής και εφαρμογές της»

Δια ζώσης διδασκαλία

Τάξη: Φυσική Προσανατολισμού Β Λυκείου

Ονοματεπώνυμο μαθητή:

Δραστηριότητα1

Ερώτηση 1: Γιατί οι πυροσβέστες δυσκολεύονται να κρατήσουν την μάνικα που ρίχνει μεγάλες ποσότητες νερού με μεγάλη ταχύτητα; Απάντησε με σύντομη αιτιολόγηση χρησιμοποιώντας και επιστημονική ορολογία:

.....
.....
.....

Ερώτηση 2: «Ένας άνθρωπος είναι ντυμένος "βαριά" και βρίσκεται στη μέση μιας παγωμένης λίμνης. Τα παπούτσια του δεν παρουσιάζουν καθόλου τριβή με τον πάγο. Ο άνθρωπος πρέπει να πάει στην ακτή. Τι του προτείνεται να κάνει; Εξηγήστε χρησιμοποιώντας και επιστημονική ορολογία:

.....
.....
.....
.....

Ερώτηση 3: Ένα πυροτέχνημα εκτοξεύεται κατακόρυφα προς τα επάνω και όταν φτάσει στο μέγιστο ύψος της τροχιάς του εκρήγνυται. Τα κομμάτια μετά την έκρηξη θα κινούνται. Το πυροτέχνημα πριν την έκρηξη έχει ορμή μηδέν, ενώ το κάθε κομμάτι μετά την έκρηξη έχει μη μηδενική ορμή. Ισχύει η αρχή διατήρησης της ορμής για το σύστημα πυροτέχνημα; Αιτιολογήστε σύντομα την άποψη σας.

.....
.....
.....
.....

Σύντομη Επανάληψη της Θεωρίας

Θεωρητική διατύπωση της αρχής διατήρησης της ορμής : «Στα συστήματα σωμάτων όπου δεν ασκούνται εξωτερικές δυνάμεις ή ασκούνται αλλά έχουν συνισταμένη μηδέν (Μονωμένα συστήματα), η ορμή διατηρείται».

Μαθηματική διατύπωση της αρχής διατήρησης της ορμής :

$$\vec{p}_{\text{συστ,αρχ}} = \vec{p}_{\text{συστ,τελ}}$$

Φαινόμενα που μελετάμε με την βοήθεια της αρχής: Κρούσεις, εκρήξεις στον μακρόκοσμο αλλά και στον μικρόκοσμο για παράδειγμα στην Πυρηνική Φυσική, όπου πυρήνες βομβαρδίζονται με σωματίδια όπως τα πρωτόνια ή τα νετρόνια κ.α

Η πρόταση της πολύ σημαντικής αυτής Αρχής της φύσης, είναι άμεση συνέπεια του τρίτου νόμου του Νεύτωνα σύμφωνα με τον οποίο η δράση είναι αντίθετη με την αντίδραση. Συγκεκριμένα αν 1 και 2 είναι τα σώματα που αλληλεπιδρούν και αποτελούν το σύστημα, ισχύει:

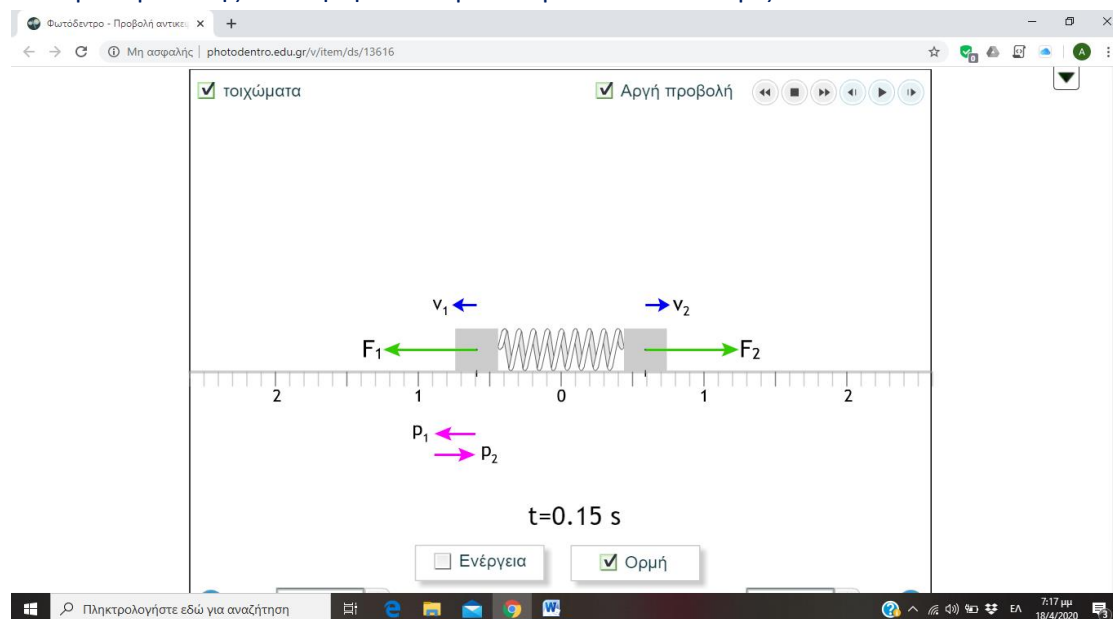
$$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1} \Leftrightarrow \frac{\Delta \vec{p}_2}{\Delta t} = -\frac{\Delta \vec{p}_1}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta \vec{p}_2 = -\Delta \vec{p}_1 \Leftrightarrow$$

$$\vec{p}_{2,τελ} - \vec{p}_{2,αρχ} = -(\vec{p}_{1,τελ} - \vec{p}_{1,αρχ}) \Leftrightarrow \vec{p}_{2,τελ} - \vec{p}_{2,αρχ} = \vec{p}_{1,αρχ} - \vec{p}_{1,τελ} \Leftrightarrow$$

$$\vec{p}_{1,αρχ} + \vec{p}_{2,αρχ} = \vec{p}_{1,τελ} + \vec{p}_{2,τελ} \Leftrightarrow \vec{p}_{\text{συστ},αρχ} = \vec{p}_{\text{συστ},τελ}$$

Δραστηριότητα 2

- Επίλεξε την Προσομοίωση 2 στον **Internet Explorer** που αναπαριστά την εφαρμογή. Το σύστημα των σωμάτων αποτελείται από το σώμα 1, το σώμα 2, ένα ελατήριο που θεωρείται ιδανικό (αβαρές) και αβαρές νήμα όπου την χρονική στιγμή $t = 0$ κόβεται και ταυτόχρονα ξεκινά η πραγματοποίηση αυτού του εικονικού πειράματος μέσω της προσομοίωσης. Η κίνηση των σωμάτων γίνεται σε λείο οριζόντιο δάπεδο.



Η επιλογή του ελατηρίου γίνεται να αυξήσουμε το χρόνο της αλληλεπίδρασης των σωμάτων και να μελετήσουμε καλύτερα τι συμβαίνει κατά τη διάρκεια της. Τα ίδια ακριβώς φαινόμενα συμβαίνουν είτε σε μία κρούση, είτε σε μία έκρηξη απλά διαρκούν πολύ λιγότερο χρόνο.

Αφού επιλέξετε $m_1 = 3kg$, $m_2 = 1kg$, αργή προβολή και ορμή από το menu του πειράματος συμπληρώστε τον παρακάτω **πίνακα 1**, χωρίς να εκτελέσετε την προσομοίωση* εάν γνωρίζετε ότι η κλίμακα μετρά μήκος σε cm και θετική φορά έχει θεωρηθεί αυθαίρετα αυτή προς τα δεξιά, όπως βλέπετε την οθόνη σας.

* Το φυσικό μήκος του ελατηρίου να το συμπληρώσετε στο βήμα 3, αφού εκτελέσετε την προσομοίωση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1	
Πριν το κόψιμο του νήματος	
Ορμή σώματος 1 (Μέτρο και κατεύθυνση)	
Ορμή σώματος 2 (Μέτρο και κατεύθυνση)	
Ορμή συστήματος σωμάτων (Μέτρο και κατεύθυνση)	
Μήκος συσπειρωμένου ελατηρίου (σε cm)	
Μετά το κόψιμο του νήματος και όταν τα σώματα βρίσκονται σε επαφή με το ελατήριο	
Ορμή συστήματος σωμάτων (Μέτρο και κατεύθυνση)	
Μετά το κόψιμο του νήματος και αφού τα σώματα χάσουν την επαφή με το ελατήριο	
Ορμή συστήματος σωμάτων (Μέτρο και κατεύθυνση)	
Φυσικό μήκος ελατηρίου (σε cm)	
Εάν $u_2' = +2,4 \text{ m/s}$, υπολογίστε αναλυτικά την ταχύτητα του σώματος 1:	

- Εκτελέστε την προσομοίωση και επιβεβαιώστε τον υπολογισμό σας για την ταχύτητα. Επίσης πατώντας την παύση ■ δύο ή τρεις φορές , μετά το κόψιμο του νήματος και όταν τα σώματα βρίσκονται σε επαφή με το ελατήριο απαντήστε, με σύντομη αιτιολόγηση στο αν διατηρείται η ορμή του συστήματος κατά την κρούση.
Απάντηση και αιτιολόγηση:.....
.....
.....
- Στη συνέχεια επιλέξτε από το αρχικό μενού και το κουτάκι, **ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ** έχοντας επιλεγμένα και τα κουτάκια **ΑΡΓΗ ΠΡΟΒΟΛΗ** και **ΟΡΜΗ**, εκτελέστε την προσομοίωση και με τη βοήθεια της συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα 2 και γράψτε ένα απλό συμπέρασμα για τις κρούσεις σώμα1-αριστερό τοίχωμα και σώμα 2-δεξί τοίχωμα.
- Όταν ολοκληρώσατε την συμπλήρωση του πίνακα 2, ενημερώστε τον καθηγητή σας για τυχόν απορίες που σας δημιουργήθηκαν για να ακολουθήσει συζήτηση στην ολομέλεια της τάξης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2	
Μεταβολή της ορμής του σώματος 1, εξαιτίας της αλληλεπίδρασης του με το σώμα 2 μέσω του ελατηρίου (μέτρο και κατεύθυνση)	Υπολογισμός:
Μεταβολή της ορμής του σώματος 1, εξαιτίας της πρώτης κρούσης του με το αριστερό τοίχωμα (μέτρο και κατεύθυνση)	Υπολογισμός:
Μεταβολή της ορμής του σώματος 2, εξαιτίας της αλληλεπίδρασης του με το σώμα 1 μέσω του ελατηρίου (μέτρο και κατεύθυνση)	Υπολογισμός:
Μεταβολή της ορμής του σώματος 2, εξαιτίας της πρώτης κρούσης του με το δεξί τοίχωμα (μέτρο και κατεύθυνση)	Υπολογισμός:
Μεταβολή της ορμής του αριστερού τοιχώματος, εξαιτίας της πρώτης κρούσης του με το σώμα-1 (μέτρο και κατεύθυνση)	Υπολογισμός:
Μεταβολή της ορμής του δεξιού τοιχώματος, εξαιτίας της πρώτης κρούσης του με το σώμα-2 (μέτρο και κατεύθυνση)	

Συμπέρασμα για τις κρούσεις των σωμάτων με τα τοιχώματα:.....

Δραστηριότητα 3 (Αλληλεπίδραση και Δύναμη)

- Επίλεξε πάλι την [Προσομοίωση 2](#) που αναπαριστά την εφαρμογή. Αφού επιλέξετε $m_1 = 3\text{kg}$, $m_2 = 1\text{kg}$, **αργή προβολή** και **ορμή** και **τοιχώματα** από το menu του πειράματος εκτελέστε την προσομοίωση.
- Σημειώστε τη χρονική στιγμή που χάνεται η επαφή μεταξύ σώματος και ελατηρίου μετά το κόψιμο του νήματος. Μπορείτε, πατώντας τα αντίστοιχα κουμπιά καρέ-καρέ μπρος ή πίσω, να καταγράψετε την χρονική διάρκεια της επαφής (αλληλεπίδρασης) των σωμάτων με πολύ μεγάλη ακρίβεια.
 $\Delta t =$
- Σε πάρα πολλά προβλήματα συναντάται το ερώτημα του υπολογισμού της **μέσης δύναμης**. Σας βοήθησε η εκτέλεση της προσομοίωσης να καταλάβετε γιατί ? Καταγράψτε σύντομα την άποψή σας.

- Συζητήστε την απάντησή σας με τους συμμαθητές που βρίσκεστε στην ίδια ομάδα εργασίας και στη συνέχεια στην ολομέλεια της τάξης σας.
- Συμπληρώστε τον **ΠΙΝΑΚΑ 3**, χρησιμοποιώντας ότι σας χρειάζεται από τον πίνακα 2 χωρίς να επαναλάβετε τους υπολογισμούς.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3	
Μέση δύναμη που ασκεί το σώμα 1, στο σώμα 2 εξαιτίας της αλληλεπίδρασης τους μέσω του ελατηρίου (μέτρο και κατεύθυνση)	Υπολογισμός:
Μέση δύναμη που ασκεί το σώμα 2, στο σώμα 1 εξαιτίας της αλληλεπίδρασης τους μέσω του ελατηρίου (μέτρο και κατεύθυνση)	Υπολογισμός:
Διανυσματική Σχέση των δυνάμεων που ασκεί το ελατήριο στα σώματα στα δύο του άκρα κάθε χρονική στιγμή που βρίσκεται σε παραμόρφωση.	
Μέση δύναμη που ασκεί το σώμα 1, στο αριστερό τοίχωμα αν η πρώτη σύγκρουση τους διαρκεί 0,1s (μέτρο και κατεύθυνση)	Υπολογισμός:
Μέση δύναμη που ασκεί το αριστερό τοίχωμα στο σώμα 1, (μέτρο και κατεύθυνση)	
Μέση δύναμη που ασκεί το σώμα 2, στο δεξί τοίχωμα αν η πρώτη σύγκρουση τους διαρκεί 0,1s (μέτρο και κατεύθυνση)	Υπολογισμός:
Μέση δύναμη που ασκεί το δεξί τοίχωμα στο σώμα 2, (μέτρο και κατεύθυνση)	

6. Συζητήστε την συμπλήρωση του πίνακα με τους συμμαθητές που βρίσκεστε στην ίδια ομάδα εργασίας και στη συνέχεια στην ολομέλεια της τάξης σας.

Δραστηριότητα 4 (Αλληλεπίδραση και Ενέργεια)-Επίλυση προβλήματος

- Συνεχίζουμε να εργαζόμαστε στην [Προσομοίωση 2](#). Στις επιλογές $m_1 = 3kg$, $m_2 = 1kg$, **αργή προβολή** και **ορμή** και **τοιχώματα** από το menu του πειράματος, προσθέστε και την επιλογή **Ενέργεια** και εκτελέστε την προσομοίωση. Αφού παρατηρήσετε αρκετές επαναλήψεις του φαινομένου, απαντήστε σύντομα στις παρακάτω ερωτήσεις:
 - Υπάρχουν ενεργειακές απώλειες για το σύστημα των 2 σωμάτων και του ελατηρίου κατά τη διάρκεια του φαινομένου; (Ναι/Όχι).....
 - Αιτιολογήστε σύντομα γιατί τα σώματα ακινητοποιούνται στιγμιαία ταυτόχρονα.....
.....
.....
 - Γράψτε τι παρατηρείτε σε σχέση με την παραμόρφωση του ελατηρίου τη χρονική στιγμή της στιγμιαίας ακινητοποίησης των σωμάτων.....
.....
- Παρακάτω αναγράφεται η Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας για το σύστημα των 2 σωμάτων και του ελατηρίου:

$$K_1 + K_2 + U_{ελ} = \text{σταθερή (1)}, \quad \text{με } U_{ελ} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \Delta l^2, \text{ όπου,}$$

K_1, K_2 οι κινητικές ενέργειες του σώματος 1 και σώματος 2 αντίστοιχα,

$U_{ελ}$, η δυναμική ενέργεια παραμόρφωσης του ελατηρίου,

k - η σταθερά του ελατηρίου με μονάδα μέτρησης στο S.I το N/m και

Δl - η παραμόρφωση του ελατηρίου σε σχέση με το φυσικό του μήκος

Εκτελώντας την προσομοίωση και χρησιμοποιώντας και δεδομένα από τον Πίνακα 1, εφαρμόστε κατάλληλα την (1) για να υπολογίσετε:

A. την σταθερά k του ελατηρίου,

B. τα μέτρα των ταχυτήτων των δύο σωμάτων για $\Delta l = \frac{\Delta l_{max}}{2}$, όπου Δl_{max} ή μέγιστη συσπίρωση του ελατηρίου.

Λύση

.....

.....

.....

.....

.....

3. Συζητήστε τον τρόπο επίλυσης του προβλήματος με τους συμμαθητές που βρίσκεστε στην ίδια ομάδα εργασίας και στη συνέχεια στην ολομέλεια της τάξης σας.

Δραστηριότητα 5

Απαντήστε στο τετράδιο σας στις παρακάτω επαναληπτικές ερωτήσεις:

1. Πώς μπορούμε στηριζόμενοι στους νόμους του Newton για την κίνηση να καταλήξουμε στην αρχή διατήρησης της ορμής;
2. Μπορεί να κινηθεί μια βάρκα, αν με τη βοήθεια φυσητήρα που βρίσκεται πάνω της φυσάμε ρεύμα αέρα στα πανιά της; Αιτιολογήστε σύντομα.
3. Γιατί η προπέλα που χρησιμοποιείται για την προώθηση των πλοίων είναι στο πίσω μέρος τους κι όχι στο μπροστινό; Αιτιολογήστε σύντομα.
4. Δύο αυτοκίνητα A και B κινούνται αντίθετα σε οριζόντιο δρόμο και συγκρούονται. Να σχεδιάσετε και να περιγράψετε τις εξωτερικές και εσωτερικές δυνάμεις που ασκούνται στο σύστημα των δύο αυτοκινήτων με τη μορφή "η δύναμη ... είναι (εσωτερική, εξωτερική) και ασκείται από το σώμα.. στο σώμα.."
5. Δύο αστροναύτες A και B βρίσκονται αιωρούμενοι ακίνητοι στο διάστημα, μακριά από κάθε πεδίο βαρύτητας. Η μάζα του A είναι μεγαλύτερη από αυτή του B. Σε κάποια χρονική στιγμή ο A σπρώχνει τον B.
 - α) Να συγκρίνετε τις ταχύτητες των δύο αστροναυτών μετά την απομάκρυνσή τους και
 - β) να προβλέψετε πως θα κινηθούν οι δύο αστροναύτες.

6. Μια μπάλα από πλαστελίνη πέφτει στο έδαφος από ύψος $1m$ και ακινητοποιείται. Τι απέγινε η ορμή της;
- α. χάθηκε
 - β. μετατράπηκε σε θερμότητα
 - γ. μεταφέρθηκε στη Γη
 - δ. παρέμεινε μέσα στη μπάλα
7. Ένας βαρκάρης είναι μέσα σε μια βάρκα και προσπαθεί να την μετακινήσει σπρώχνοντάς την από μέσα, αλλά αυτό δεν γίνεται. Ο λόγος είναι ότι:
- α. η δύναμη είναι μικρή
 - β. υπάρχουν τριβές
 - γ. η δύναμη είναι εσωτερική
 - δ. η δύναμη είναι εξωτερική.
8. Στην περίπτωση έκρηξης ενός βλήματος στον αέρα ισχύει η διατήρηση της ορμής; Α. Ναι Β. Όχι επιλέξτε ένα από τα α,β,γ,δ,ε παρακάτω για να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.
- α. υπάρχει η εξωτερική δύναμη της βαρύτητας
 - β. η συνισταμένη των εξωτερικών δυνάμεων δεν είναι μηδέν
 - γ. η μεταβολή ορμής λόγω βαρύτητας είναι η ίδια, λίγο πριν και λίγο μετά την έκρηξη
 - δ. το βάρος του βλήματος θεωρείται αμελητέο
 - ε. η συνισταμένη των εσωτερικών δυνάμεων είναι μηδέν
9. Στην περίπτωση ανάκρουσης του όπλου ισχύει η διατήρηση της ορμής στο σύστημα όπλο - βλήμα; Α. Ναι Β. Όχι επιλέξτε ένα από τα α,β,γ, ή δ παρακάτω για να δικαιολογήσετε την απάντησή σας,
- α. δεν υπάρχει εξωτερική δύναμη στο σύστημα
 - β. η συνισταμένη των εξωτερικών δυνάμεων στο σύστημα είναι μηδέν
 - γ. το βάρος του συστήματος είναι μηδέν δ. το βάρος του σώματος και η αντίσταση του αέρα θεωρούνται αμελητέες
10. Ποιο από τα παρακάτω φαινόμενα δεν εξηγείται με την αρχή διατήρησης της ορμής;
- α. η εκκίνηση ενός αυτοκινήτου
 - β. η ανάκρουση του όπλου
 - γ. η κίνηση ενός πυραύλου
 - δ. η κίνηση του πλοίου στη θάλασσα

