



## Φυσική Β' Λυκείου Προσανατολισμού

### Εργαστηριακή Δραστηριότητα στην Πλαστική Κρούση

#### Εισαγωγή – Επισημάνσεις

Ονομάζουμε ορμή  $\mathbf{p}$ , ενός σώματος μάζας  $m$  που κινείται με ταχύτητα  $\mathbf{u}$ , το γινόμενο  $m \cdot \mathbf{u}$ .

$$\text{Δηλαδή: } \mathbf{p} = m \cdot \mathbf{u}$$

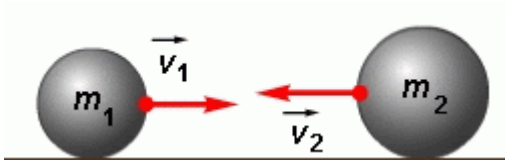
Πρόκειται για διανυσματικό φυσικό μέγεθος. Το διάνυσμα της ορμής ενός κινούμενου σώματος έχει ίδια κατεύθυνση με την ταχύτητά του.



Αν ένα σώμα δεχθεί δύναμη, π.χ επειδή συγκρούστηκε με άλλο, η ορμή του μεταβάλλεται. Η ορμή είναι ένα φυσικό μέγεθος απαραίτητο στη μελέτη συγκρούσεων σωμάτων ή διάσπασης - έκρηξης σωμάτων σε θραύσματα.

Σε πολλές περιπτώσεις στη φυσική μπορούμε, να μελετήσουμε **μαζί** δύο ή περισσότερα σώματα που αλληλεπιδρούν, οπότε λέμε, ότι τα θεωρούμε ένα **σύστημα σωμάτων**. Σε μία τέτοια περίπτωση, ονομάζουμε **ολική ορμή** του συστήματος σωμάτων, το **διανυσματικό άθροισμα των ορμών των σωμάτων** που αποτελούν το σύστημα σωμάτων. Π.χ

Αν θεωρήσουμε τα δύο παρακάτω σώματα, ένα σύστημα σωμάτων,



Η ολική ορμή του συστήματος αυτού θα είναι:  $p_{ολ} = m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2$

Τα έντονα γράμματα παριστάνουν διανύσματα.

Επειδή τα διανύσματα των παραπάνω σωμάτων βρίσκονται στη ίδια διεύθυνση, ορίζοντας μία θετική κατεύθυνση π.χ προς τα δεξιά, η αλγεβρική τιμή της ολικής ορμής είναι:

$p_{ολ} = m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot (-u_2)$  όπου  $u_1$  και  $u_2$  τα **μέτρα** των διανυσμάτων των ταχυτήτων τους.

Σημείωση: Η ολική ορμή του παραπάνω συστήματος μπορεί να είναι θετική, αρνητική ή και μηδέν.

Η Ολική Κινητική Ενέργεια των συγκρουόμενων σωμάτων σε κάποιες περιπτώσεις διατηρείται και αυτή - αυτές οι κρούσεις λέγονται **ελαστικές κρούσεις**.

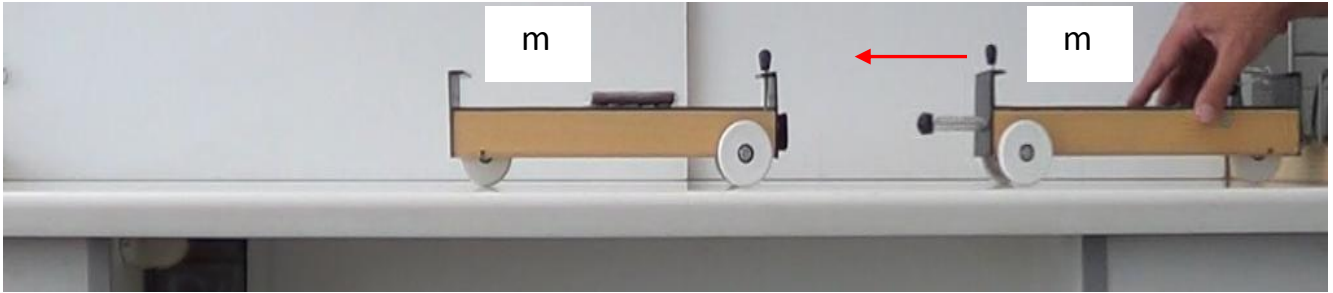
Στις περισσότερες περιπτώσεις κρούσεων, μακροσκοπικών σωμάτων, η Ολική Κινητική Ενέργεια **δεν διατηρείται η ίδια**, πριν και μετά την κρούση. Αυτές οι κρούσεις λέγονται **ανελαστικές κρούσεις**. Ένα μέρος της αρχικής κινητικής ενέργειας μετατρέπεται σε άλλες μορφές ενέργειας π.χ θερμική.

Ειδική περίπτωση, ανελαστικής κρούσης είναι αυτή, όπου τα συγκρουόμενα σώματα μετά την κρούση δεν αποχωρίζονται και συνεχίζουν να κινούνται σαν **ένα σώμα**. Αυτό που προκύπτει μετά την πλαστική κρούση είναι ένα **συσσωμάτωμα**. Αυτή η ανελαστική κρούση λέγεται **Πλαστική Κρούση**.

Στη δραστηριότητα αυτή, θα πραγματοποιήσουμε μία πλαστική κρούση, θα τη βιντεοσκοπήσουμε και θα μετρήσουμε ταχύτητες πριν και μετά, μέσω ανάλυσης του βίντεο.

## Υλικά και Διάταξη του πειράματος

Η διάταξη του πειράματος :



Παρατήρηση: Το δεξί αμαξίδιο πρέπει να είναι στραμμένο με το μέρος του που μπορεί να επικολληθεί στο αριστερό. Όχι με το έμβολό του όπως δείχνει το σχήμα.

### Υλικά:

- Δύο αμαξίδια του εργαστηρίου - που να φέρουν τμήματα για συγκόλληση (τύπου velcro), (τα αμαξίδια να έχουν καλή και παραπλήσια κύλιση)
- Τραπέζι που έχουμε φροντίσει να είναι οριζόντιο
- Δύο Ράβδοι στερεωμένες καλά στα άκρα του τραπεζιού
- Μετροταινία
- Πλαστελίνη και κόλλα τύπου πλαστελίνης για την εξίσωση των μαζών των δύο αμαξιδίων

### Εκτέλεση του πειράματος και επεξεργασία

- Ζυγίζουμε τα αμαξίδια και κολλάμε όση πλαστελίνη χρειάζεται στο ελαφρύτερο, ώστε να έχουν τελικά ίσες μάζες:  $m_1 = m_2 = m$ .
- Έχοντας το ένα αμαξίδιο ακίνητο στη μέση περίπου του τραπεζιού, δίνουμε εμείς με το χέρι μας μία αρχική ορμή στο άλλο, ώστε να συγκρουστούν και να μην ξεκολλήσουν.
- Βιντεοσκοπούμε την κρούση με σκοπό να την αναλύσουμε με το λογισμικό Tracker.

1) Θεωρώντας τα δύο αμαξίδια σαν σύστημα σωμάτων, υπολογίστε την **ολική ορμή** τους, λίγο πριν την κρούση τους και ενώ το δεξί κινείται προς τα αριστερά με ταχύτητα  $u_1$ . (δείτε το σχήμα). Χρησιμοποιείστε το σύμβολο  $(\mathbf{p}_{ολ})_{πριν}$ , εννοώντας πριν την κρούση.

.....

2) Τι προέκυψε μετά την κρούση ; Ποια η μάζα του σώματος μετά την κρούση;

.....

3) Να υπολογίσετε την ολική ορμή του συστήματος μετά την κρούση (θεωρήστε την ταχύτητα του συσσωματώματος  $V$ ) και να την εξισώσετε με την ολική ορμή πριν αφού η ολική ορμή διατηρείται η ίδια (γιατί:)

.....  
.....

Μην ξεχάσετε να λάβετε υπόψη σας ότι οι μάζες των αμαξιδίων είναι ίσες  $m_1=m_2=m$ . Ποιο είναι το συμπέρασμα στο οποίο οδηγείστε, από την παραπάνω εξίσωση για την ταχύτητα του  $V$  του συσσωματώματος μετά την κρούση - σε σχέση με την ταχύτητα  $u_1$ :

.....

Πρέπει να μετρήσουμε τις ταχύτητες  $u_1$  και  $V$  για να δούμε - αν πράγματι είναι έτσι τα πράγματα. Αυτό, θα το κάνουμε σε λίγο, από την ανάλυση του βίντεο του φαινομένου με το λογισμικό Tracker.

### Συμπεράσματα – Συζήτηση του Φαινομένου

Ας γράψουμε την κινητική ενέργεια των αμαξιδίων πριν και μετά την κρούση:

(Για την κινητική ενέργεια μετά την κρούση, αντικαταστήστε την ταχύτητα του συσσωματώματος  $V$  με το ίσο της - από την προηγούμενή σας απάντηση)

.....  
.....

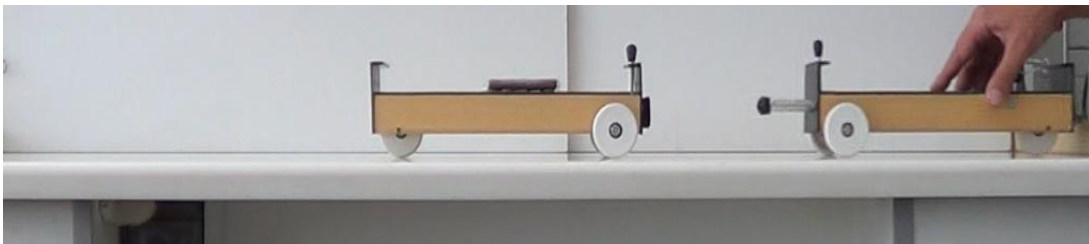
Τι παρατηρείτε; Διατηρείται η ολική κινητική ενέργεια των αμαξιδίων σταθερή πριν και μετά την κρούση τους; .....

Η ολική Ορμή διατηρείται η ίδια σε όλες τις κρούσεις , η ολική κινητική ενέργεια μόνο σε ορισμένες περιπτώσεις - σε κρούσεις που λέγονται ελαστικές. Η περίπτωση που μελετάμε εδώ λέγεται **Ανελαστική κρούση** και ειδικότερα, επειδή μετά τα συγκρουόμενα αμαξίδια δεν αποχωρίζονται, λέγεται **Πλαστική κρούση**.

## *B Μέρος: Ανάλυση του φαινομένου της πλαστικής κρούσης με το λογισμικό Tracker*

### Προετοιμασία βιντεοσκόπησης

- Έχουμε αφήσει το αριστερό αμαξίδιο ( $m_2$ ) ακίνητο ( $u_2=0$ ) στη μέση της διαδρομής. Δίνουμε μία αρχική ταχύτητα  $u_1$  στο δεξί αμαξίδιο ( $m_1$ ) με σύντομο τρόπο (π.χ ξαφνικό σπρώξιμο), ώστε να διανύσει μία κάποια απόσταση κινούμενο με την αρχική ταχύτητα  $u_1$ , πριν συγκρουστεί με το ακίνητο  $m_2$ .



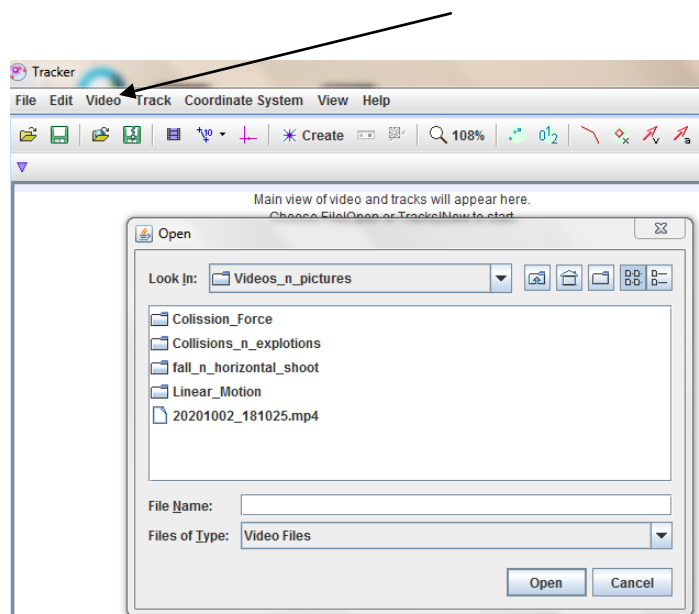
Παρατήρηση: Το δεξί αμαξίδιο πρέπει να είναι στραμμένο με το μέρος του που μπορεί να επικολληθεί στο αριστερό. Όχι με το έμβολό του όπως δείχνει το σχήμα.

Έτσι βιντεοσκοπούμε το φαινόμενο της κρούσης - αρχίζοντας από λίγο πριν και τελειώνοντας λίγο μετά.

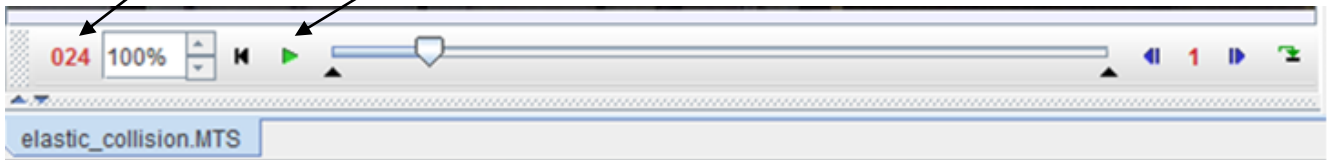
Δε θα πρέπει να ξεχάσουμε, να μετρήσουμε κάποιο πραγματικό μήκος αντικειμένου (π.χ ενός αμαξιδίου) - ή κάποια απόσταση στο βίντεο - γιατί αυτό είναι απαραίτητο για την ανάλυση με το Tracker.

### *Εισαγωγή του Βίντεο – και Επεξεργασία του*

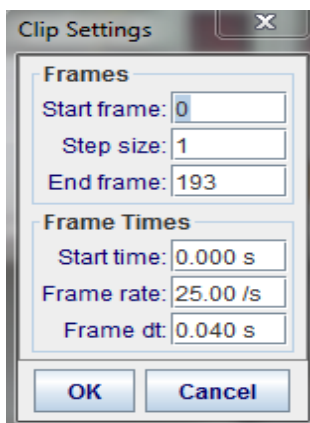
- Έχοντας αποθηκεύσει το βίντεο του φαινομένου σε κάποιο φάκελο του Η/Υ, ανοίγουμε το Tracker και κάνουμε **εισαγωγή του βίντεο**.



- Μόλις πάρει το βίντεο, το βάζουμε να παίξει μία φορά - και καταγράφουμε πότε δηλ. σε ποιο αριθμό στιγμιότυπου και μετά μας ενδιαφέρει. Το ίδιο κάνουμε και για το τέλος.

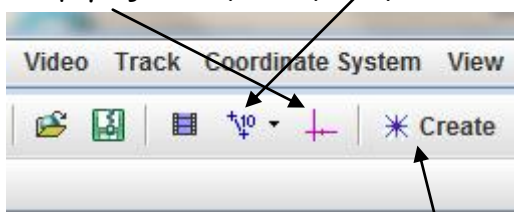


Εναλλακτικά, και ίσως καλύτερα, αφού έχουμε καταλήξει από ποιο στιγμιότυπο (ή καρέ του βίντεο) μέχρι ποιο - θα αναλύσουμε - κάνουμε δεξί κλικ με το ποντίκι στην περιοχή της μπάρας εξέλιξης του βίντεο και επιλέγουμε **clip settings** - τότε ανοίγει το παράθυρο:



και βάζουμε τους αριθμούς στιγμιότυπων (καρέ ή frame) που θέλουμε στο Start frame και End frame. Σαν step size βάζουμε «σκαλοπάτι» που θέλουμε για την μετέπειτα ιχνηλάτηση .

- Στη συνέχεια εισάγουμε το πρότυπο μήκος που έχουμε μετρήσει και ένα σύστημα αναφοράς - αναγκαίο για την αποτύπωση των θέσεων των αμαξιδίων.



- Έπειτα επιλέγουμε δημιουργία υλικού σημείου για το αμαξίδιο 1 (το δεξί) και στη συνέχεια επιλέγουμε point mass (για το υλικό σημείο - που θα επισημάνουμε πάνω στο δεξί αμαξίδιο και θα παρακολουθήσουμε την κίνησή του). Στη συνέχεια βλέπουμε ότι το πρόγραμμα δίνει ένα όνομα στο υλικό σημείο(mass A).

Έχοντας το βίντεο στο αρχικό καρέ, κάνουμε κλικ στο υλικό σημείο A και ανοίγει ένα menu για το υλικό σημείο A, κάνουμε κλικ στο mark by default (προκαθορισμένο για ιχνηλασία) και στη συνέχεια με shift κλικ στο σημείο του σώματος (δεξί αμαξίδιο) επισημαίνουμε τη θέση του. Στη συνέχεια μας πηγαίνει μόνο του στο επόμενο καρέ και



κάνουμε το ίδιο κτλ . μέχρι το τελευταίο καρτέ. Τότε στο μενού για το σώμα A , επιλέγουμε locked(κλειδωμένο).

- Σημαντική Παρατήρηση: Δε χρειάζεται να ορίσουμε και δεύτερο υλικό σημείο, αφού τα δύο αμαξίδια συνεχίζουν ως συσσωμάτωμα.
- Κλείνοντας, στα δεξιά, εμφανίζονται γραφικές παραστάσεις και πίνακες τιμών μεγεθών, για το σώμα A και το με επιλογή για το B. Ενδεχομένως ,να μην είναι τα επιθυμητά Φυσικά Μεγέθη, αλλά αυτό το αλλάζουμε κατά πως επιθυμούμε.

Ένα παράδειγμα - από δικό μας βίντεο και ανάλυσή του :

Όπου φαίνονται τα διαγράμματα θέσης-χρόνου και ταχύτητας-χρόνου μόνο του δεξιού αμαξιδίου που όμως, μετά την κρούση, είναι μέρος του συσσωματώματος.

