**Μελέτη ευθύγραμμης ομαλά μεταβαλλόμενη κίνησης με κορδέλα και παξιμάδια**

**Οδηγίες για τους εκπαιδευτικούς**

Μετά από πολλές δοκιμές με υλικά και τρόπους σύνδεσης προτείνεται η χρήση κορδέλας πάνω στην οποία έχουν κολληθεί με θερμόκολλα μεταλλικά παξιμάδια με διάμετρο μεγαλύτερη του πλάτους της κορδέλας, ώστε να δημιουργούν έναν αρκετά ισχυρό ήχο κατά την πρόσκρουσή τους στο έδαφος. Η κόλληση επιτρέπει ακρίβεια της τάξης του 1 mm στην τοποθέτηση των παξιμαδιών, κάτι που δεν ήταν εφικτό με χρήση κόμπων. Καθώς η κόλληση χρειάζεται μία σχετικά μεγάλη επιφάνεια επιλέχθηκε η κορδέλα και όχι κάποιο νήμα.

**Χρήση του συνόλου για την ποιοτική επίδειξη της σχέσης Δx=f(t) στην ΕΟΜΚ**

Τοποθετούμε τα παξιμάδια σε αποστάσεις 0, d, 4d, 9d, 16d, 25d, 36d κ.ο.κ. από την αρχή της κορδέλας, όπου το d μπορεί να έχει θεωρητικώς οποιαδήποτε τιμή, αλλά προτείνεται η τιμή των 10 cm. Για μικρότερες τιμές οι ήχοι από την πρόσπτωση των παξιμαδιών στο έδαφος θα έχουν χρονική απόσταση μικρότερη από 0,1 s και δεν θα είναι εύκολα διακριτοί (ειδικά αν χρησιμοποιηθεί το Phyphox). Η ακριβής επιλογή του d και ο αριθμός των παξιμαδιών που θα χρησιμοποιηθούν εξαρτάται από το μέγιστο ύψος που διαθέτει η αίθουσα για την εκτέλεση του πειράματος αλλά και από το μέγιστο ύψος στο οποίο μπορεί κάποιος να κρατάει την κορδέλα, καθώς ήδη στα 2,5 μέτρα μάλλον θα χρειαστεί κάποια καρέκλα. Αν υπάρχει η δυνατότητα, μπορεί το σύνολο να αφεθεί σε πτώση από κάποιον όροφο προς το προαύλιο, ώστε να χρησιμοποιηθούν περισσότερα παξιμάδια. Το παξιμάδι στη θέση 0 τοποθετείται για να είναι σαφές πότε αγγίζει το έδαφος το άκρο της κορδέλας. Αυτό εξασφαλίζει πως οι θέσεις των υπόλοιπων παξιμαδιών στην κορδέλα ισούνται με το αρχικό ύψος στην ελεύθερη πτώση τους.

Στα πλαίσια της επίδειξης ο εκπαιδευτικός ή ένας μαθητής κρατούν το άλλο άκρο της κορδέλας έτσι ώστε το παξιμάδι στη θέση 0 μόλις να αγγίζει το έδαφος. Το σύνολο αφήνεται να πέσει. Η διαδοχική πρόσκρουση των παξιμαδιών στο έδαφος δημιουργεί μία σειρά από ήχους σε ίσα χρονικά διαστήματα. Δηλαδή, ο χρόνος πτώσης από ύψος d είναι ίσος με τον μισό από εκείνον από ύψος 4d κ.λπ.

**Χρήση του συνόλου για ποσοτική μελέτη της ΕΟΜΚ.**

Για τη λήψη μετρήσεων καλό είναι η κορδέλα να κρεμαστεί με έναν σπάγκο από το ταβάνι με το πρώτο παξιμάδι να εφάπτεται στο πάτωμα. Θέτουμε την εφαρμογή Phyphox ή το λογισμικό Audacity σε λειτουργία, όπως αναλύεται στο φύλλο εργασίας, φροντίζουμε να υπάρχει ησυχία για λίγα δευτερόλεπτα και καίμε τον σπάγκο ώστε το σύνολο να εκτελέσει πτώση.

Το αντίστοιχο φύλλο εργασίας και το αρχείο Excel έχουν γραφτεί θεωρώντας πως έχουν τοποθετηθεί 5 παξιμάδια στην κορδέλα (χωρίς εκείνο που αγγίζει το έδαφος). Προχωρήστε στις απαραίτητες αλλαγές αν έχετε τοποθετήσει διαφορετικό αριθμό παξιμαδιών.

**Phyphox ή Audacity; Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα**

1. Το Phyphox μπορεί να πάρει μέχρι 5 μετρήσεις στο ακουστικό χρονόμετρο, ενώ στο Audacity δεν υπάρχει κανένας περιορισμός. Στην πράξη αυτό σημαίνει πως η χρήση του Audacity γίνεται αναγκαστική αν επιλέξουμε να βάλουμε περισσότερα από 6 παξιμάδια στην κορδέλα (δεν υπολογίζουμε το παξιμάδι που αγγίζει το έδαφος).
2. Αμφότερα παρέχουν μετρήσεις με τουλάχιστον 3 δεκαδικά ψηφία του δευτερολέπτου, υπερκαλύπτοντας τις ανάγκες οποιουδήποτε σχολικού πειράματος. Το Phyphox πιθανώς να «δυσκολευτεί» στη διάκριση δύο ήχων που έχουν χρονική απόσταση μικρότερη του 0,1 s. Το Audacity έχει σαφώς μεγαλύτερη ικανότητα στον τομέα αυτόν και θα μας δυσκολέψει μόνο όταν οι κυματομορφές των δύο ήχων αρχίσουν να επιλαλύπτονται.
3. Το Phyphox παρέχει απευθείας έτοιμες τις τιμές των χρονικών διαστημάτων, ενώ στο Audacity πρέπει όλες οι μετρήσεις να γίνουν χειροκίνητα σε δεύτερο χρόνο, με τη συνεπακόλουθη καθυστέρηση.
4. Το ακουστικό χρονόμετρο του Phyphox ενεργοποιείται εύκολα από οποιονδήποτε ήχο. Αν συμβεί αυτό οι μετρήσεις είναι λανθασμένες και το πείραμα πρέπει να επαναληφθεί. Στο Audacity καταγράφονται μεν όλοι οι ήχοι αλλά επειδή οι μετρήσεις γίνονται σε δεύτερο χρόνο είναι εύκολο να επιλεχθούν εκείνοι οι ήχοι που αντιστοιχούν στις προσκρούσεις και να αγνοηθούν άλλοι άσχετοι ήχοι (π.χ. μία φωνή).
5. Για να χρησιμοποιηθεί το Phyphox αρκεί ένα smartphone, ενώ για το Audacity χρειάζεται ένας υπολογιστής και ένα μικρόφωνο.

Συμπερασματικά, το Phyphox είναι πιο εύχρηστο από το Audacity και εξίσου αποτελεσματικό σε πιο απλές εκδοχές του πειράματος. Το Audacity υπερτερεί αν χρησιμοποιηθούν περισσότερα από 6 παξιμάδια καθώς και στον διαχωρισμό ήχων με πολύ μικρή χρονική απόσταση μεταξύ τους

Στο φύλλο εργασίας προτείνεται η χρήση του ιστότοπου desmos.com για τη μελέτη του διαγράμματος v=f(t). Ο ίδιος στόχος μπορεί να επιτευχθεί με το Excel, αλλά πιστεύουμε πως ο ιστότοπος είναι πιο εύχρηστος και άμεσος. Προφανώς, είναι στην ευχέρεια του εκπαιδευτικού να επιλέξει ποια λύση ταιριάζει καλύτερα σε κάθε περίπτωση.