



Ίδρυμα Ευγενίδου

Κέντρο Επιστήμης και Τεχνολογίας

1^ο online_challenge

Χρωματίζοντας... ταλαντώσεις!

**Το πρώτο online challenge είναι γεγονός!
Ακολούθησε τις οδηγίες, κατασκεύασε το δικό σου
εκκρεμές και στείλε μας το αποτέλεσμα της
κατασκευής σου για να δημοσιευτεί στα social media
του Ιδρύματος Ευγενίδου!**

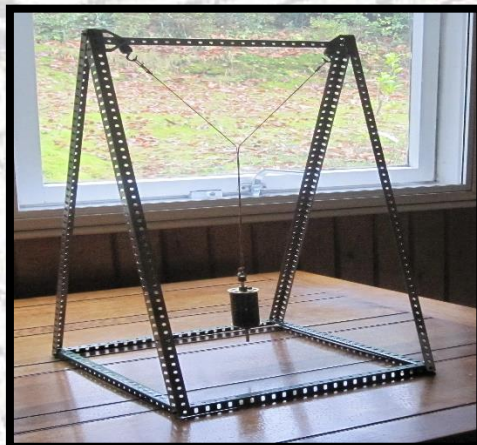
Ας πάρουμε τα πράγματα από την αρχή...

Τι είναι μία ταλάντωση;

- Στη Φυσική, *ταλάντωση* ονομάζουμε μία κίνηση που επαναλαμβάνεται σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα (περιοδική κίνηση) γύρω από ένα συγκεκριμένο σημείο που λέγεται *θέση ισορροπίας*. Χαρακτηριστικά παραδείγματα ταλαντώσεων είναι η κίνηση ενός γιο-γιο, οι κούνιες στην παιδική χαρά ή η χορδή μίας κιθάρας όταν πάλλεται.



- Η ταλάντωση μπορεί να γίνεται πάνω σε μία μόνο κατεύθυνση (φανταστείτε μία ταλάντωση που γίνεται πάνω σε μία νοητή γραμμή πάνω-κάτω ή δεξιά-αριστερά). Τότε έχουμε μία περίπτωση *απλής αρμονικής ταλάντωσης*. Μπορεί όμως η ταλάντωση αυτή να γίνεται σε ένα επίπεδο και τότε λέμε ότι έχουμε μία περίπτωση *σύνθετης αρμονικής ταλάντωσης*.
- Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας σύνθετης ταλάντωσης είναι ένα εκκρεμές που ταλαντώνεται πάνω στο επίπεδο $x-y$, όπως φαίνεται παρακάτω:



Εκκρεμές στο οριζόντιο επίπεδο

- Το εκκρεμές αποτελείται από μία μάζα, την οποία έχουμε αναρτήσει με νήμα από ένα ή περισσότερα σημεία στήριξης, όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, και είναι ελεύθερο να κινηθεί με οποιονδήποτε τρόπο πάνω στο οριζόντιο επίπεδο.
- Ανάλογα με τον τρόπο που θα εκτρέψουμε αρχικά το εκκρεμές, θα έχουμε και την αντίστοιχη τροχιά. Εάν δώσουμε μία αρχική ώθηση έτσι ώστε να το θέσουμε σε μία καμπύλη τροχιά, τότε η ταλάντωση θα είναι σύνθετη, καθώς θα αποτελείται από τον συνδυασμό δύο ταυτόχρονων αλλά ανεξάρτητων ταλαντώσεων σε καθέναν από τους δύο άξονες x και y .

Και πού βρίσκεται το εντυπωσιακό σε ένα εκκρεμές;

- Εδώ βρίσκεται και η ουσία του challenge!
Επειδή το εκκρεμές μας δεν είναι ιδανικό, αλλά καθώς ταλαντώνεται δημιουργούνται τριβές λόγω του νήματος, ενώ ταυτόχρονα υπάρχει και η αντίσταση του αέρα πάνω στην κινούμενη μάζα, η ταλάντωση συνεχώς θα φθίνει, δηλαδή η κίνηση του εκκρεμούς στο επίπεδο θα γίνεται ολοένα και μικρότερη μέχρι να σταματήσει τελείως. Κάθε στιγμή λοιπόν, οι εξισώσεις που περιγράφουν την ταλάντωση του εκκρεμούς μεταβάλλονται και στους δύο άξονες και όπως αναφέραμε παραπάνω, το αποτέλεσμα της ταλάντωσης, αν αποτυπωθεί γραφικά πάνω στο επίπεδο, είναι εντυπωσιακά ελλειπτικά σχήματα διαφορετικού μεγέθους και σχήματος, τα οποία ονομάζονται καμπύλες Lissajous.
- Οι καμπύλες Lissajous ή μοτίβα Lissajous είναι η γραφική παράσταση, δηλαδή το συνολικό αποτύπωμα που αφήνει πάνω σε ένα επίπεδο, μία σύνθετη αρμονική ταλάντωση. Η μορφή της κάθε καμπύλης εξαρτάται από τον λόγο των δύο μεταβλητών που υπάρχουν στις μαθηματικές εξισώσεις που περιγράφουν τις δύο ταλαντώσεις, οι οποίες εκτελούνται ανεξάρτητα σε κάθε έναν από τους δύο άξονες του επιπέδου. Αν η αναλογία αυτή αλλάξει, παρατηρούμε ότι διαγράφεται διαφορετική καμπύλη ως αποτέλεσμα πάνω στο επίπεδο.



Μοτίβα Lissajous

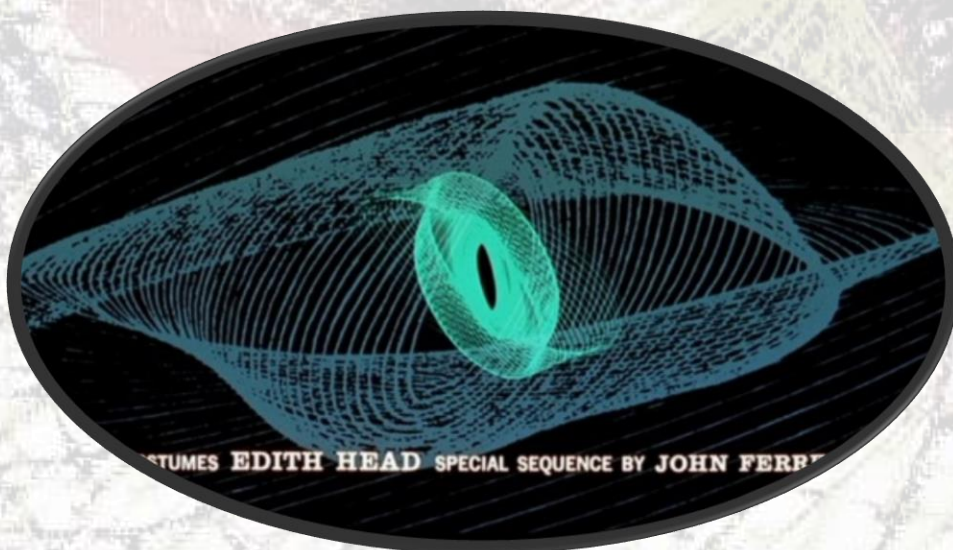
Τι (προ)καλείσαι να κάνεις;

- Εσύ καλείσαι να κατασκευάσεις ένα εκκρεμές που θα αποτυπώνει τις εντυπωσιακές καμπύλες Lissajous με χρώματα ζωγραφικής!
- Αφού αρχικά κατασκευάσεις το εκκρεμές, δοκίμασε να το ταλαντώσεις με διαφορετικούς τρόπους και παρατήρησε τον χρόνο που χρειάζεται ώστε να γυρίσει στη θέση από την οποία ξεκίνησε την ταλάντωση. Παραμένει συνεχώς ο ίδιος; Επιστρέφει στην ίδια θέση; Αν μπορούσες να ζωγραφίσεις την κίνηση αυτή, τι σχήματα θα έβλεπες;
- Η απάντηση στις παραπάνω ερωτήσεις θα είναι και το τελικό αποτέλεσμα του challenge! Χρησιμοποιώντας χρώματα και μπογιές της επιλογής σου, θα αφήσεις το εκκρεμές σου να σχεδιάσει πάνω σε έναν καμβά εντυπωσιακά σχέδια, που δεν είναι τίποτε άλλο από τα μοτίβα Lissajous!

Όσες φορές και να επαναλάβεις την κατασκευή σου, το αποτέλεσμα θα είναι κάθε φορά διαφορετικό και μοναδικό!

Trivia

- Στις αρχές του 20^{ού} αιώνα, ο γραφίστας Saul Bass, διαβάζοντας το βιβλίο του Jules-Antoine Lissajous, εντυπωσιάστηκε από τα αντίστοιχα μοτίβα και προσπάθησε να τα ενσωματώσει στη δουλειά του. Αποτέλεσμα αυτής της πολύχρονης προσπάθειας είναι οι τίτλοι αρχής της ταινίας του Alfred Hitchcock, Vertigo το 1958.



Τι θα χρειαστείς:

1. Λεπτό σχοινί μήκους τουλάχιστον 40-50cm (μπορεί να είναι σπάγκος, πετονιά ή ένα απλό σχοινί όσο το δυνατόν πιο λεπτό).



2. Ένα δοχείο όπου θα βάλεις μέσα την μπογιά (προτίμησε δοχεία που έχουν λεπτό στόμιο μπροστά και είναι εύκαμπτα, ώστε να μπορείς να τα τρυπήσεις).



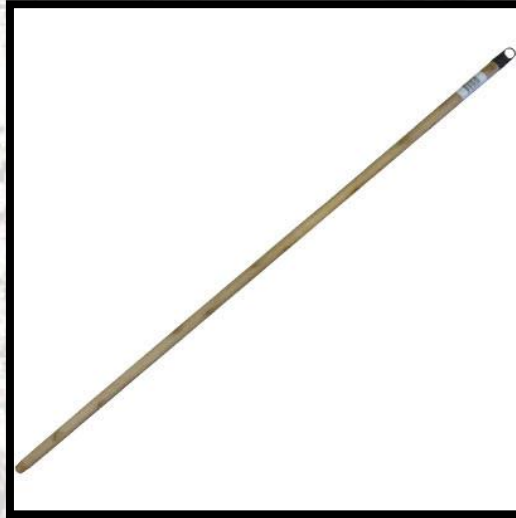
3. Μία επιφάνεια όπου θα αποτυπωθεί το σχέδιο (καμβάς, χαρτόνι κ.λπ.) στις διαστάσεις που επιθυμείς (ενδεικτικά 50x70 cm ή 70x100cm).



4. Περίπου 1 κιλό χρώμα της επιλογής σου (μπορείς να χρησιμοποιήσεις περισσότερα από ένα χρώματα).



5. Έναν άξονα στήριξης (ένα σκουπόξυλο ή μία μακρόστενη ράβδο).



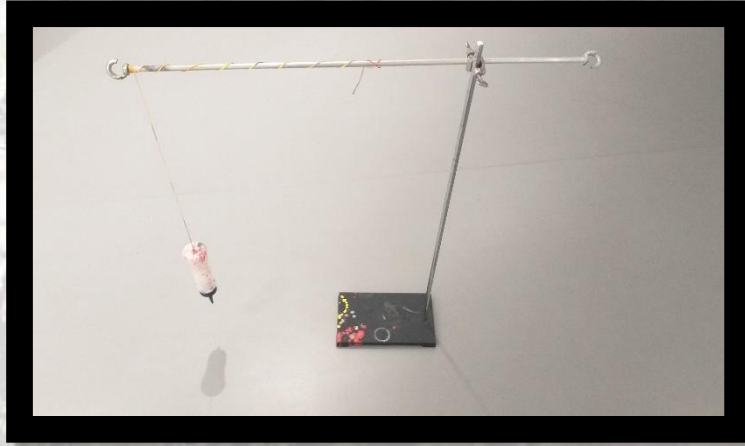
6. Μία νάιλον επιφάνεια που θα στρώσεις κάτω, ώστε να μην γεμίσεις τον υπόλοιπο χώρο με μπογιές (μπορείς να χρησιμοποιήσεις μαύρες σακούλες σκουπιδιών, τις οποίες πρώτα θα έχεις ανοίξει με ένα ψαλίδι).

Πώς θα φτιάξεις το εκκρεμές:

- Αρχικά, παίρνεις το δοχείο και ανοίγεις μία μικρή τρύπα στο κέντρο της βάσης του με ένα καλαμάκι ή ένα ψαλίδι. Η τρύπα που θα ανοίξεις πρέπει να είναι τέτοια ώστε να μπορεί να περάσει ο σπάγκος από μέσα. Κάνε έναν κόμπο εσωτερικά του δοχείου.



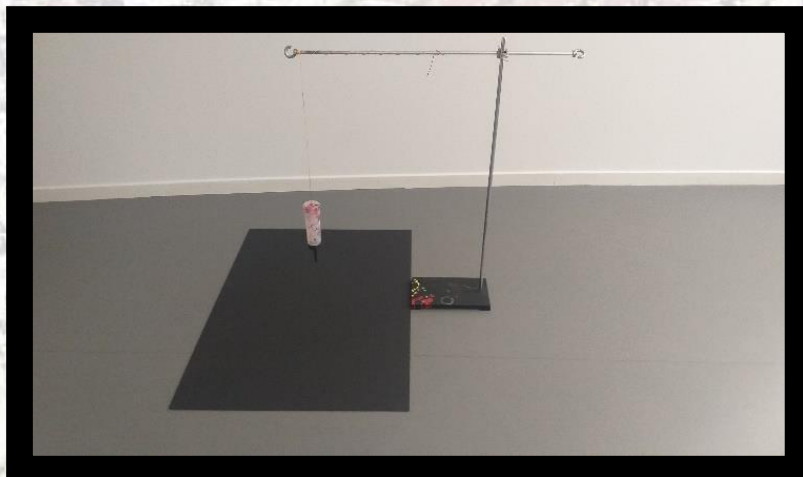
- Κρέμασε το άλλο άκρο του σπάγκου σε μία μακρόστενη ράβδο (π.χ. ένα σκουπόξυλο ή έναν μεγάλο χάρακα). Στήριξε τη ράβδο αριστερά και δεξιά σε δύο αντικείμενα ίδιου ύψους (καρέκλες, скаμπό κ.λπ.). Η μύτη του δοχείου δεν πρέπει να ακουμπάει στο πάτωμα.



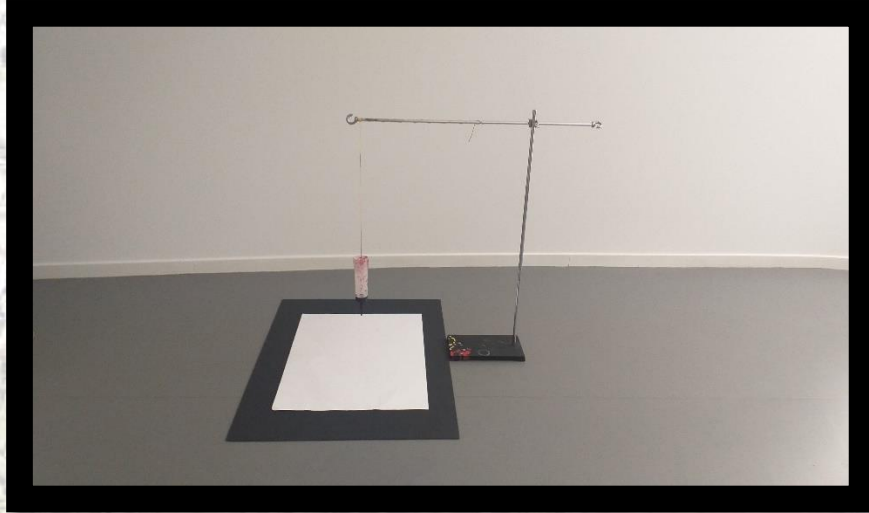
- Μην ξεχάσεις να ελέγξεις αν το εκκρεμές ταλαντώνεται ελεύθερα.

Πώς θα ετοιμάσεις τον καμβά και τα χρώματα:

- Ακριβώς κάτω από το εκκρεμές στρώσε αρχικά το προστατευτικό νάilon (ή μία οποιαδήποτε προστατευτική επιφάνεια).



- Τοποθέτησε τον καμβά πάνω από το νάιλον έτσι ώστε το κέντρο του να βρίσκεται κάτω από τη μύτη του δοχείου.



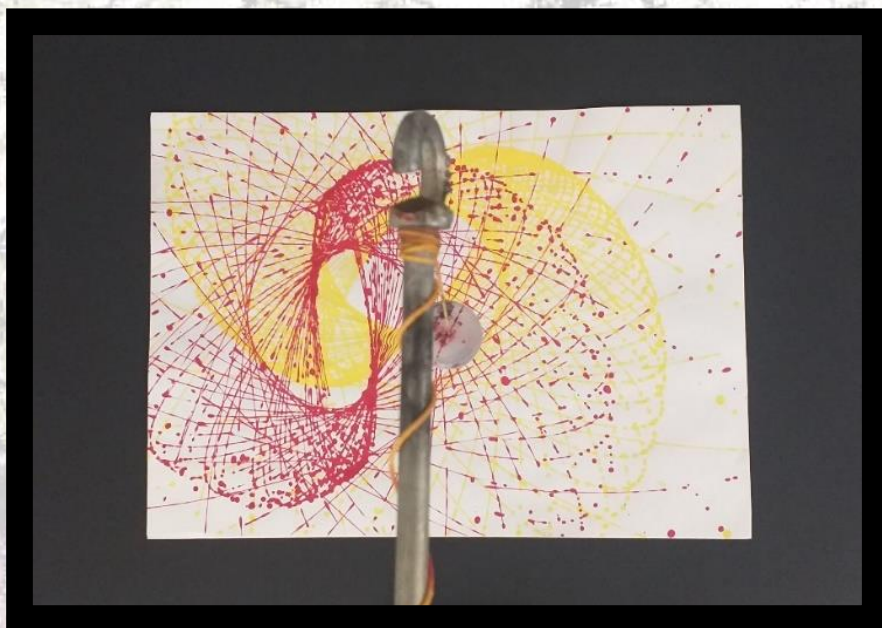
- Άνοιξε προσεκτικά το δοχείο και ρίξε μέσα τη μπογιά (εμείς χρησιμοποιήσαμε τέμπρα). Ανάλογα με το είδος της μπογιάς που θα χρησιμοποιήσεις, ίσως χρειαστεί να την αραιώσεις με νερό έτσι ώστε να έχει καλύτερη ροή.

Προσοχή!

Είναι σημαντικό η ροή του χρώματος να είναι συνεχής, οπότε είναι καλό να αφήσεις πρώτα να τρέξει λίγο χρώμα από το στόμιο του δοχείου σε ένα ποτηράκι και μετά να αφήσεις το δοχείο να ταλαντωθεί.

Πώς θα δημιουργήσεις τα τελικά μοτίβα Lissajous:

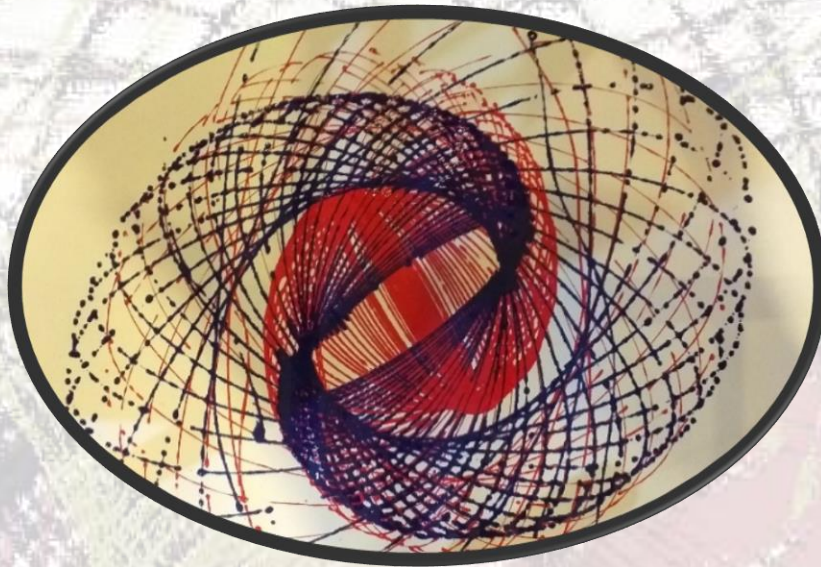
- Δώσε μία αρχική κυκλική φορά στο εκκρεμές και άφησέ το να αρχίσει να «γράφει» πάνω στον καμβά.
- Όταν θελήσεις να το σταματήσεις, τοποθέτησε μία χαρτοπετσέτα στο στόμιο, κόβοντας τη ροή του χρώματος.
- Στη συνέχεια, κάνε την ίδια διαδικασία και με όσα ακόμα χρώματα θέλεις μέχρι να προκύψει το αποτέλεσμα που σου αρέσει.



Να θυμάσαι:

Σκοπός του online challenge είναι να πειραματιστείς, να δημιουργήσεις και να συνδέσεις ένα όμορφο αποτέλεσμα με τον λόγο για τον οποίο προκύπτει το συγκεκριμένο σχέδιο. Μπορείς να χρησιμοποιήσεις υλικά της επιλογής σου ή τον τρόπο που σε διευκολύνει να κατασκευάσεις τη διάταξη. Το τελικό αποτέλεσμα έρχεται πάντα μέσα από δοκιμές, βελτιώσεις και κυρίως υπομονή και προσπάθεια. Αναμένουμε να μας στείλεις τον δικό σου πίνακα [Lissajous_art!](#)

Καλή Επιτυχία!



Πηγές

- <https://mathworld.wolfram.com/LissajousCurve.html>
- <https://www.kathimerini.gr/world/447328/o-anthropos-poy-ekane-techni-toys-titloys-ton-tainion/>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Lissajous_curve
- Serway, Raymond A.; Jewett, John W. (2003). Physics for Scientists and Engineers. Brooks/Cole. ISBN 0-534-40842-7.