

Το δίπλωμα μιας επιφάνειας: τέχνη ή επιστήμη;

Συμμετέχοντες Μαθητές: Αθανασοπούλου Βασιλική, Αλτάνη Χριστίνα, Ζαφειροπούλου Αγγελική, Ζήρου Ελένη, Ζούνη Αικατερίνη, Ζούνη Ιωάννα, Ιορδάνης Χρήστος, Κοτσιλίμπα Βαρβάρα, Μπεκιάρη Δέσποινα, Μπουκάρας Ορέστης, Οικονομοπούλου Χριστίνα, Πένταρης Γενναίος, Πολυχρονίδης Παναγιώτης, Ρέβελου Μαριάννα, Σκούτα Ευσταθία, Σκουτέρης Χαράλαμπος, Σταματελάτου Κωνσταντίνα, Στρίγγας Αλέξανδρος, Τσαγδή Αδαμαντία.

Υπεύθυνοι Εκπαιδευτικοί: Αργυρίου Αρετή (aretiteo@sch.gr), Μπαντούνα Μαρία (bantouna@sch.gr), Σπυροπούλου Παναγιώτα (panspyropo@sch.gr).

Σχολείο: 2^ο Γυμνάσιο Πύργου Ηλείας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται να παρουσιαστούν οι αλληλεπιδράσεις επιστήμης και τέχνης όπως αυτές αναδεικνύονται από το δίπλωμα μιας επιφάνειας. Ερευνάται το δίπλωμα μιας επιφάνειας ως μια σπουδαία πρωτοποριακή εξελισσόμενη τέχνη αλλά και ως μια καταπληκτική εφαρμογή της επιστήμης της γεωμετρίας που δίνει ιδέες για την επίλυση πολύπλοκων και τεχνολογικά υψηλών προβλημάτων οποτεδήποτε αυτά εμφανίζονται στην πραγματοποίηση των στόχων των ερευνητών.

Η πρόκληση κατασκευών που δημιουργούνται από τις διπλώσεις και αναδιπλώσεις μιας και μοναδικής επίπεδης επιφάνειας ξεκίνησε σαν ένα παιχνίδι δημιουργικής απασχόλησης – τέχνης (origami). Η ίδια αυτή δημιουργική ιδέα σήμερα εξελίσσεται σε ένα νέο κλάδο της μαθηματικής επιστήμης που άπτεται των «projects» πολλών άλλων επιστημών. Γεννιέται έτσι το ερώτημα, αν η δίπλωση μιας επιφάνειας είναι τέχνη ή επιστήμη. Η ομάδα μας ερευνά τις απαρχές αυτής της «τέχνης» και σκιαγραφεί τις σημερινές της χρήσεις σε άλλες επιστήμες. Κατασκευάζει κάποιες από τις εφαρμογές της με τη βοήθεια της επιστήμης των μαθηματικών καλλιεργώντας και αναδεικνύοντας μια από τις πολλές δυνατότητες και εκφράσεις της μοναδικής σχεδόν ικανότητας του ανθρώπου που δεν διαθέτουν, ακόμα τουλάχιστον, οι μηχανές, τη ΦΑΝΤΑΣΙΑ του.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Γεωμετρία, Δίπλωμα επιφανειών, Origami.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εξοικονόμηση χώρου και χρόνου, δυο όλο και αυξανόμενων απαιτήσεων στη ζωή του σύγχρονου ανθρώπου του 21ου αιώνα, επιβάλλει ανάπτυξη νέων μεθόδων, όλο και πιο πολύπλοκων, δίπλωσης και αναδίπλωσης των επιφανειών. Οι επιφάνειες περιγράφουν, μετρούν και μοντελοποιούν τόσο τον κόσμο μας όσο και τα αποκρήματα του νου μας. Με τη μελέτη τους ασχολούνται οι μαθηματικοί -και όχι μόνο- από τα πανάρχαια χρόνια μέχρι και σήμερα. Οι άπειροι τρόποι συνδυασμού τους εξάπτουν τόσο τη φαντασία ενός καλλιτέχνη όσο και τη δημιουργικότητα ενός επιστήμονα. Τέμνονται, εφάπτονται, διπλώνουν, αναδιπλώνουν, συνδυάζονται και δημιουργούν οτιδήποτε βλέπουμε ή φανταζόμαστε.

Σύμφωνα με τις μαρτυρίες των παλαιότερων ιστορικών συγγραφέων (Ηρόδοτος, Εύδημος, Ήρων ο Αλεξανδρεύς και άλλων) η γεωμετρία, σε καθαρώς εμπειρική μορφή, είναι δημιούργημα των Αιγυπτίων. Η δημιουργία της γεωμετρίας, ως επιστήμης που ερευνά τις ιδιότητες του χώρου και των επιφανειών είναι αποκλειστικό έργο του Ελληνικού πνεύματος. Ο Ευκλείδης (~330π.χ.-275π.χ.) είναι ο θεμελιωτής της αξιωματικής γεωμετρίας. Διατυπώνει αξιώματα (βασική αρχή κατασκευής μιας αποδεικτικής επιστήμης) που προκύπτουν από την εποπτεία μας γιατί «Ο σκοπός τοῦ γεωμέτρου εἶναι νὰ ἐρευνήσῃ τὰ κοσμικὰ σχήματα (κανονικὰ πολύεδρα) ἀρχόμενος ἀπὸ τῶν ἀπλουστερῶν καὶ καταλήγων εἰς τὴν ἐγγραφήν τῶν εἰς σφαῖραν» (Σταμάτης, 1975). Στο έργο του «Στοιχεία» ο Ευκλείδης αναπτύσσει τη θεωρία του βασιζόμενος σε 5 βασικές παραδοχές που τις ονομάζει «Αιτήματα». Υιοθέτησε με αυτόν

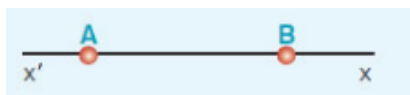
τον τρόπο μια συστηματική προσέγγιση στη γεωμετρία όπου κάθε γεωμετρική κατασκευή και κάθε μαθηματικό αποτέλεσμα προέρχεται βήμα-βήμα από το σύνολο των πέντε αυτών υποθέσεων με τη χρήση μόνο των βασικών γραμμών που μπορούν να σχεδιαστούν από ένα κανόνα (χάρακας χωρίς τις μονάδες μέτρησης) και ένα διαβήτη. Κάποιες από τις αρχικές απαιτήσεις του Ευκλείδη μπορούν να «διαπιστωθούν» με την κατάλληλη δίπλωση μιας επιφάνειας. Τέτοιες διπλώσεις είναι η εποπτεία βασικών εννοιών που διατυπώνονται από τον Ευκλείδη και εμφανίζονται μεταγενέστερα και σε άλλους λαούς.

Η τέχνη κατασκευής τρισδιάστατων αντικειμένων από μια και μόνο τετραγωνική επιφάνεια χαρτιού, γνωστή ως origami, αν και στις μέρες μας θυμίζει την Ιαπωνία, προέρχεται από την Κίνα όπου το χαρτί παρήχθη για πρώτη φορά γύρω στο 200 μ.χ. ως φθηνή εναλλακτική λύση στο μετάξι. Η τέχνη του κινεζικού διπλώματος χαρτιού ήταν γνωστή ως Zhezhi και μεταφέρθηκε στην Ιαπωνία τον 6ο αιώνα από Κινέζους βουδιστές μοναχούς. Η ιαπωνική λέξη «οριγκάμι» προήλθε από τη σύνθεση των δυο ιαπωνικών λέξεων "ori", που σημαίνει δίπλωση και "gami", που σημαίνει χαρτί και είναι δημοφιλές χόμπι για τα παιδιά της Ιαπωνίας εδώ και πολλούς αιώνες. Το 1931 ο Ιάπωνας Akira Yoshizawa, συνειδητοποίησε ότι το origami ήταν ένας απλός και αποτελεσματικός τρόπος για να διδάξει στους μαθητές του τις γωνίες, τις γραμμές και τα σχήματα. Ξεκίνησε τότε μια αναγέννηση του origami. Αναπτύχθηκαν νέες τεχνικές που είχαν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία περίπλοκων σχεδίων καθώς και καμπύλων επιφανειών από ένα και μόνο φύλλο χαρτιού. Αυτό μετέτρεψε το origami σε τέχνη, ενώ οι μαθηματικοί ανακάλυψαν μια μεγάλη διασύνδεση ανάμεσα στο δίπλωμα του χαρτιού και στη γεωμετρία (Newton, 2011). Όπως ο Ευκλείδης ανέπτυξε τη γεωμετρία του βασισμένος στα αξιώματα που επινόησε, έτσι και για τη θεμελίωση της επιστήμης origami κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα διατυπώθηκαν κατάλληλα αξιώματα και τα οποία αποτελούν την βάση των κατασκευών origami.

Α.ΔΙΠΛΩΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΕΥΚΛΕΙΔΕΙΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ORIGAMI

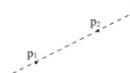
Τα 5 αξιώματα που απαιτεί να ισχύουν στην αρχή των «Στοιχείων» του ο Ευκλείδης είναι οι δομικοί λίθοι όλης της επιστήμης της Ευκλείδειας Γεωμετρίας. Στις μέρες μας οι σύγχρονοι μαθηματικοί Humiaki Huzita (1924-2005) και Jacques Justin διατύπωσαν 7 βασικά αξιώματα που διέπουν τη γεωμετρία των κατασκευών origami (Lang, 2015). Αυτά τα αξιώματα μοιάζουν με την αντίληψη του Ευκλείδη ως προς την απλότητα και την καθολικότητά τους, αν και λιγότερο επισημοποιημένα από αυτά της ευκλείδειας γεωμετρίας, περιστρέφονται γύρω από τις βασικές αρχές της αναδίπλωσης. Στην πραγματικότητα κάποια από αυτά εκφράζουν Ευκλείδεια αιτήματα ή προτάσεις στην πρακτική εφαρμογή τους. Γίνεται ολοφάνερη έτσι η αλληλεξάρτηση της Ευκλείδειας γεωμετρίας και της τέχνης origami. Επιγραμματικά θα αναφέρουμε σε κάποια από αυτά τα βασικά κοινά τους στοιχεία.

Ευκλείδης στοιχεία: «Αἴτημα α': Ἡτῆσθω ἀπὸ παντὸς σημείου ἐπὶ πᾶν σημεῖον εὐθεῖαν γραμμὴν ἀγαγεῖν» (Σταμάτης, 1975) (Εικόνα 1). Ανάλογα το 1^ο αξίωμα Huzita-Justin ορίζει:



Εικόνα 1: Σχολικό Βιβλίο Μαθηματικών

(O1) Given two points p_1 and p_2 , we can fold a line connecting them.



Εικόνα 2: 1^ο Αξίωμα H-J

«Δεδομένων δυο σημείων υπάρχει μια δίπλωση (ευθεία) που διέρχεται και από τα δυο αυτά σημεία.» (Εικόνα 2) (Lang, 2015).

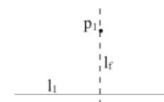
Η Ευκλείδεια πρόταση της μονοσήμαντης ύπαρξης της μεσοκάθετου ενός οποιουδήποτε δοσμένου ευθύγραμμου τμήματος περιγράφεται στο 2^ο Αξίωμα Huzita-Justin που απαιτεί: «Αν δοθούν δυο οποιαδήποτε σημεία μπορεί πάντα να βρεθεί μια δίπλωση (ευθεία) ώστε αυτά να ταυτιστούν.» (Εικόνα 3) (Lang, 2015).

(O2) Given two points p_1 and p_2 , we can fold p_1 onto p_2 .



Εικόνα 3

(O4) Given as point p_1 and a line l_1 , we can make a fold perpendicular to l_1 passing through the point p_1 .



Εικόνα 4

Το περίφημο 5^ο αίτημα του Ευκλείδη στο οποίο στηρίζεται όλο το οικοδόμημα της Ευκλείδειας Γεωμετρίας και που είναι ισοδύναμο με την ύπαρξη μιας και μοναδικής καθέτου από σημείο εκτός ευθείας σε δοσμένη ευθεία, στο 4^ο αξίωμα Huzita-Justin αναφέρεται ως εξής «Αν δοθούν μια ευθεία και ένα σημείο εκτός αυτής τότε υπάρχει μια δίπλωση (ευθεία) που περνά από το δοσμένο σημείο και είναι κάθετη στη δοσμένη ευθεία. (Εικόνα 4) (Lang, 2015).

Κανονικά σχήματα όπως το ισόπλευρο τρίγωνο, το κανονικό πεντάγωνο- το σύμβολο των Πυθαγορείων με τη δύσκολη κατασκευή του με κανόνα και διαβήτη- το κανονικό εξάγωνο με τις ιδιότητές του και την κατασκευή του από 6 ισόπλευρα ίσα τρίγωνα και άλλα κανονικά

σχήματα (Εικόνα 5) κατασκευάζονται με κατάλληλες διπλώσεις μιας και μόνο επιφάνειας που όταν αυτή αναδιπλωθεί αναδεικνύονται πολλές από τις ιδιότητες αυτών των κανονικών σχημάτων (Βλάμος κ.ά, χ.χ.)



Εικόνα 5:Κανονικά σχήματα-Κατασκευές μαθητών.

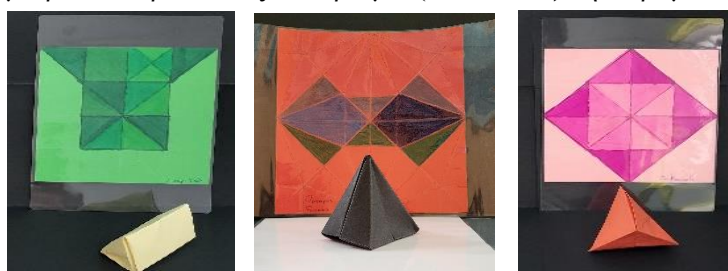
Μεγάλα θεωρήματα αλλά και πολλές μικρότερες προτάσεις της Ευκλείδειας γεωμετρίας μπορούν να διαπιστωθούν μέσα από τις διπλώσεις μιας επιφάνειας. Μια βάρκα origami κρύβει μέσα της μια γεωμετρική απόδειξη του Πυθαγορείου Θεωρήματος (Εικόνα 6α). Οι διπλώσεις για την κατασκευή του οκτάεδρου επιβεβαιώνουν την ισότητα της διαμέσου που αντιστοιχεί στην υποτείνουσα με το μισό της υποτείνουσας σε τυχαίο ορθογώνιο τρίγωνο (Εικόνα 6β) (Αργυράκης κ.ά, χ.χ.) κ.α. Επιπλέον, κατασκευές που είναι δύσκολες ή αδύνατον



Εικόνα 6α, 6β και 6γ: Θεωρήματα-Κατασκευές μαθητών

να σχεδιαστούν με τη χρήση μόνο του κανόνα και του διαβήτη μπορούν να πραγματοποιηθούν με τις απλές διπλώσεις μιας επιφάνειας όπως, η τριχοτόμησης μιας οξείας γωνίας πρόβλημα άλυτο με Ευκλείδεια κατασκευή, που αντιθέτως επιτυγχάνεται εύκολα με την τέχνη origami (Εικόνα 6γ), με τη βοήθεια των συμμετρικών σχημάτων και της ισότητας των γωνιών που δημιουργούνται στις παράλληλες ευθείες μέσα από τις κατάλληλες διπλώσεις του χαρτιού (Παπανδρέου & Τζούμας, 2014).

Βασικά γεωμετρικά στερεά όπως το πρίσμα (Εικόνα 7α), η πυραμίδα (Εικόνα 7β), το



Εικόνα 7α, 7β και 7γ: Γεωμετρικά στερεά - Εργασίες μαθητών

εξάεδρο (Εικόνα 7γ) κ.α. καθώς και πλατωνικά στερεά όπως το τετράεδρο (Εικόνα 8α), ο κύβος (Εικόνα 8β), το οκτάεδρο (Εικόνα 8γ) και άλλα μπορούν να κατασκευαστούν με τη



Εικόνα 8α, 8β και 8γ: Πλατωνικά στερεά- Εργασίες μαθητών

δίπλωση μιας και μόνο επιφάνειας. Η αναδίπλωση της επιφάνειας που τα κατασκευάζει (Εικόνες 7 και 8) δείχνει το γεωμετρικό ανάπτυγμά τους και σκιαγραφεί πολλές από τις ιδιότητές τους.

Οι κατασκευές-δημιουργίες ζωντανών οργανισμών με την τεχνική origami αποτυπώνουν όλη τη θεωρία που ο επιστήμονας Ευκλείδης είχε αξιωματικά θεμελιώσει στη Γεωμετρία του

και που περιέγραψε με τον όρο «συμμετρία». Έτσι, οι αναδιπλώσεις της επιφάνειας τέτοιων έργων εμφανίζουν στις διπλώσεις του χαρτιού σύνθετες συμμετρίες σχημάτων, τόσο



Εικόνα 9: Κεντρική και αξονική συμμετρία - Εργασίες μαθητών.

αξονικής όσο και κεντρικής συμμετρίας, περιγράφοντας για άλλη μια φορά την ομορφιά της φύσης μέσα από τα μαθηματικά (Εικόνα 9).

Σήμερα σπουδαίοι καλλιτέχνες δημιουργούν εκπληκτικά γλυπτά origami κατασκευασμένα με πολύπλοκες και πρωτότυπες τεχνολογίες (JANM). Επιτυγχάνεται έτσι με εντυπωσιακό τρόπο ο μετασχηματισμός μιας και μόνο επίπεδης επιφάνειας σε αντικείμενα του τρισδιάστατου χώρου. Τα σύνορα πλέον τέχνης και επιστήμης αρχίζουν να χάνονται.

Β.ΔΙΠΛΩΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΛΛΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Β.1. ΙΑΤΡΙΚΗ

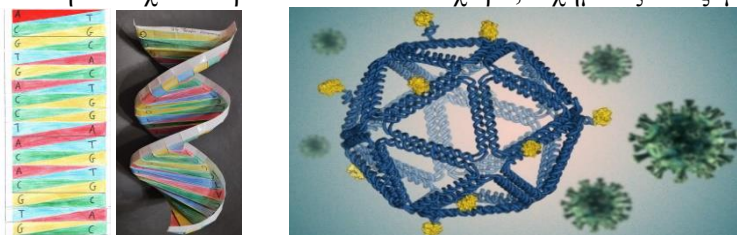
Οι ερευνητές στο MIT, εμπνευσμένοι από το origami, δημιούργησαν ένα ρομπότ που διπλώνει και γίνεται μικρό ώστε να χωράει σε ένα χάπι (Εικόνα 10). Μόλις εισέλθει στο σώμα, έχει σχεδιαστεί να ξεδιπλώνεται. Με τη βοήθεια εξωτερικών μαγνητών κατευθύνεται μέσω του εντέρου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την έγχυση φαρμακευτικής ουσίας στην



Εικόνα 10 : Φωτογραφία Melanie Gonick/MIT.

πάσχουσα περιοχή ή να διευκολύνει τις χειρουργικές διαδικασίες σε δύσκολα σημεία (Hardesty, 2016).

Το DNA (δεοξυριβονουκλεϊνικό οξύ) αποτελεί το γενετικό υλικό όλων των ζωντανών οργανισμών και κάποιων ιών. Δομείται από απλούστερες επαναλαμβανόμενες μονάδες που ονομάζονται δεοξυριβονουκλεοτίδια και ενώνονται μεταξύ τους με ισχυρούς χημικούς δεσμούς σχηματίζοντας μία αλυσίδα. Ασθενείς χημικοί δεσμοί σχηματίζονται ανάμεσα στις συμπληρωματικές αζωτούχες βάσεις των απέναντι αλυσίδων. Η αδενίνη (A) ενώνεται με τη θυμίνη (T) της απέναντι αλυσίδας που είναι συμπληρωματική της και η γουανίνη (G) ενώνεται με κυτοσίνη (C) που είναι συμπληρωματική της. Έτσι προκύπτει ένα δίκλωνο μόριο, το οποίο στη συνέχεια περιελίσσεται στον χώρο, σχηματίζοντας μία διπλή έλικα.



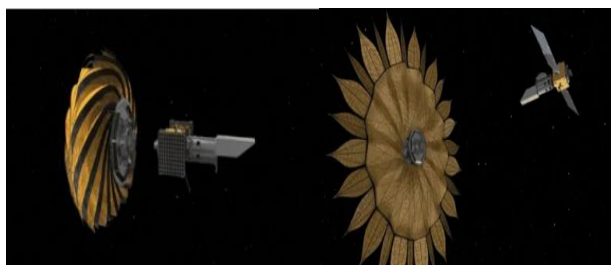
Εικόνα 11α : DNA- Εργασία μαθητών και 11β Ευγενική παραχώρηση των ερευνητών, MIT News

Σήμερα μπορεί να πραγματοποιηθεί η προσομοίωση μιας τέτοιας κατασκευής από μια και μόνο επίπεδη επιφάνεια με την τεχνική origami (Εικόνα 11α). Αν και ο ρόλος του DNA είναι να μεταφέρει τη γενετική πληροφορία από τη μια γενιά στην άλλη, ορισμένοι επιστήμονες θεωρούν ότι το αναδιπλωμένο DNA μπορεί να βρει εφαρμογή στην παραγωγή εμβολίων. Συγκεκριμένα, ερευνητές στο MIT χρησιμοποιώντας το αναδιπλωμένο DNA (Εικόνα 11β) έχουν σχεδιάσει σωματίδια που μοιάζουν με τον ιό ανοσοανεπάρκειας του ανθρώπου (HIV). Αυτά τα σωματίδια ευελπιστούν ότι μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή εμβολίου για τον ιό HIV που προκαλεί το AIDS (Trafton, 2020).

Β.2.ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ

Η παρατήρηση πλανητών που δεν ανήκουν στο δικό μας ηλιακό σύστημα πραγματοποιείται δύσκολα γιατί τα αστέρια γύρω από τα οποία περιστρέφονται οι πλανήτες αυτοί εκπέμπουν πολύ φως. Οι μηχανικοί στο Πανεπιστήμιο του Πρίνστον σχεδίασαν ένα τεράστιο σκίαστρο σε σχήμα λουλουδιού για να χρησιμοποιηθεί από τα διαστημικά

τηλεσκόπια. Το σκίαστρο είναι διπλωμένο κατά τη διάρκεια της εκτόξευσης. Στη συνέχεια στο διάστημα ξεδιπλώνεται, τοποθετείται μπροστά από το διαστημικό τηλεσκόπιο και τίθεται σε τροχιά (Εικόνα 12). Έτσι το σκίαστρο εμποδίζει το φως των μακρινών αστεριών να φτάσει



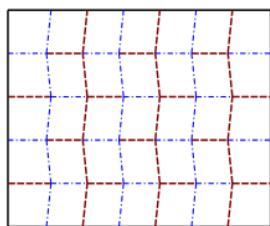
Εικόνα12: NASA-Το σκίαστρο σε σχήμα λουλουδιού που διπλώνει κατά την εκτόξευση και ξεδιπλώνει στο διάστημα. στο τηλεσκόπιο και επιτρέπει να γίνουν λεπτομερείς παρατηρήσεις εξωπλανητών. Μια άλλη ιδέα προέρχεται από την τεχνική origami που ονομάζεται «flasher» και δίνει τη δυνατότητα



Εικόνα 13: Starshade -Κατασκευή μαθητών.

ένα μεγάλο κυκλικό φύλλο ‘Starshade’ (Εικόνα 13) να διπλώνεται και να μετατρέπεται σε έναν «σφιχτά συσκευασμένο κύλινδρο» (Gent, 2018).

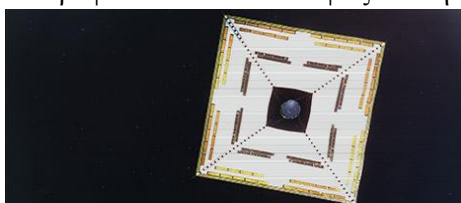
Η αναδίπλωση Miura (Εικόνα 14) είναι διάσημη σε όλο τον κόσμο. Λέγεται ότι ο Koryo Miura επινόησε την αναδίπλωση Miura το 1970 μετά από λεπτομερή παρατήρηση της φύσης.



Εικόνα 14: Αναδίπλωση Miura σχεδιασμός – Εργασία μαθητή.

Συγκεκριμένα λέγεται ότι παρατήρησε τις ρυτίδες στα φρύδια των ηλικιωμένων και φωτογραφίες της επιφάνειας της Γης από διαστημόπλοια. Η αναδίπλωση Miura στηρίζεται στην τεχνική origami και βρίσκει εφαρμογές στη μηχανική του διαστήματος μέσω της κατασκευής ηλιακών συλλεκτών. Επειδή οι πύραυλοι έχουν περιορισμένο χώρο είναι δύσκολο να μεταφέρουν ογκώδη αντικείμενα έτσι, μια συστοιχία ηλιακών πάνελ θα ήταν αδύνατο να αποθηκευτεί με ασφάλεια μέσα σε έναν πύραυλο. Ηλιακά πάνελ κατασκευασμένα με την αρχή της αναδίπλωσης Miura διπλώθηκαν, φορτώθηκαν στον πειραματικό ιαπωνικό δορυφόρο N2 και αναπτύχθηκαν με μία μόνο κίνηση στο διάστημα (Nishiyama, 2012).

Μια φιλόδοξη ιδέα Ιαπώνων ερευνητών αποτελεί η κατασκευή ενός διαστημικού σκάφους που θα τροφοδοτείται από το φως του ήλιου και όχι από καύσιμα. Τον Μάιο του 2010 η



Εικόνα 15 :Απεικόνιση του ιστιοφόρου που ονομάστηκεIKAROS
Φωτογραφία: Ευγενική παραχώρηση της JAXA



Εικόνα16: Ernst Giselsbrecht + Partner, 2010

Ιαπωνική Υπηρεσία Αεροδιαστημικής Εξερεύνησης (JAXA) εκτόξευσε το πρώτο μικρό ιστιοφόρο που ονομάστηκε IKAROS. Κατά τη διάρκεια της εκτόξευσης, το τετράγωνο λεπτό ηλιακό πανί του ιστιοφόρου, μήκους περίπου 14 μέτρων, είναι διπλωμένο και αποθηκεύεται γύρω από ένα κυλινδρικό σώμα (Εικόνα 15). Το δορυφορικό σώμα στη συνέχεια περιστρέφεται στο διάστημα και με τη βοήθεια της φυγόκεντρου δύναμης που αναπτύσσεται

ξεδιπλώνεται το πανί. Το ιστιοφόρο κινήθηκε με την πίεση από τα φωτόνια που εκπέμπονται από τον ήλιο (Takashi, 2021).

B.3.ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Στον εκθεσιακό χώρο Kiefer Technic στην Αυστρία η πρόσοψη έχει προσανατολισμό προς το νότο και είναι κατασκευασμένη από γυαλί (Εικόνα 16). Το σύστημα σκίασης που έχει κατασκευαστεί για εξοικονόμηση ενέργειας στην πρόσοψη θυμίζει λευκό φύλλο χαρτί που αναδιπλώνεται και ξεδιπλώνεται (Παπαδοπούλου, 2018). Στην πραγματικότητα είναι 112 πάνελ αλουμινίου που αναδιπλώνονται και ξεδιπλώνονται είτε αυτόματα είτε με ανθρώπινη εντολή. Με τον τρόπο αυτό ρυθμίζεται η ποσότητα του ηλιακού φωτός (άρα και της θερμότητας) που εισέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιείται η ανάγκη για κλιματισμό (Ibrahim & Alibaba, 2019).

Ο Robert Wood του Πανεπιστημίου του Χάρβαρντ στηριζόμενος στην τέχνη origami σχεδίασε ένα δοχείο 12 πλευρών με πέντε βραχίονες που διαθέτουν διασυνδεδεμένα πεντάγωνα και τρίγωνα που διπλώνουν (Εικόνα 17). Το δοχείο χρησιμοποιείται για να συλλέγει μαλακά θαλάσσια ζώα όπως μέδουσες και χταπόδια χωρίς να τα βλάπτει (Gent, 2018).



*Εικόνα 17: Το δοχείο που χρησιμοποιείται για να συλλέγει μαλακά θαλάσσια ζώα.
Πηγή: Ινστιτούτο Wyss*



*Εικόνα 18 : Η αλεξίσφαιρη ασπίδα.
JarenWilkey / BYU*

Μια ομάδα μηχανικών στο Πανεπιστήμιο Brigham Young χρησιμοποίησε την τεχνική origami για να σχεδιάσει μια αλεξίσφαιρη ασπίδα (Εικόνα 18) που μπορεί να προστατεύσει πολλούς ανθρώπους η οποία όμως όταν διπλωθεί χωράει εύκολα στο πορτμπαγκάζ ενός αυτοκινήτου (Gent, 2018).

Οι κατασκευαστές ηλεκτρονικών στην προσπάθειά τους να μειώσουν τόσο το κόστος κατασκευής όσο και το μέγεθος των εξαρτημάτων που χρησιμοποιούν κατέληξαν στην τεχνολογία του αναδιπλωμένου DNA. Συγκεκριμένα η IBM και το Ινστιτούτο της Καλιφόρνιας Caltech πειραματίζονται με τη χρήση αναδιπλωμένων κλώνων DNA που ευελπιστούν ότι θα μειώσουν τις διαστάσεις στα τσιπ των υπολογιστών από τα 22 νανόμετρα που είναι τώρα στα 6 νανόμετρα περίπου (DNA Origami - A Scientific Breakthrough by IBM and Caltech, n.d).

B.4. ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΑ ΤΡΙΔΙΑΣΤΑΤΑ ΑΝΤΙΚΕΪΜΕΝΑ

Το «myspace» (Εικόνα 19) είναι ένα παιχνίδι από χαρτόνι σχεδιασμένο από τη Liya Mairson που απευθύνεται σε παιδιά ηλικίας 3-6 ετών. Όταν είναι διπλωμένο καταλαμβάνει ελάχιστο χώρο και μπορεί να αποθηκευτεί εύκολα, όταν ανοίξει παίρνει διάφορες μορφές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο από αγόρια όσο και από κορίτσια (Λάμπρη, 2011).

Οι μηχανισμοί αναδυόμενου (pop-up) βιβλίου χρησιμοποιούν τεχνικές παρόμοιες με τις καλά μελετημένες τεχνικές αναδίπλωσης χαρτιού του origami. Ωστόσο, τα αναδυόμενα παράθυρα διαφέρουν τόσο ως προς τον τρόπο κατασκευής όσο και ως προς τις στοχευόμενες χρήσεις τους (Winder et al., 2009).



Εικόνα 19: Το Myspace.



Εικόνα 20: Το σχολείο μας. Εργασία μαθητών.

Στα τρισδιάστατα βιβλία (Εικόνα 20) μπορούν να δημιουργηθούν πιο περίπλοκοι μηχανισμοί συνδυάζοντας απλούς μηχανισμούς διπλώσεων με διάφορους τρόπους. Η ανάγνωση εικονογραφημένων τρισδιάστατων βιβλίων προσελκύει το ενδιαφέρον των παιδιών, προκαλεί την ενεργητική τους συμμετοχή και δημιουργεί κίνητρα για ενασχόληση. Οι καλές ιστορίες καλλιεργούν τη φαντασία τους, βοηθούν στην κατανόηση του κόσμου γύρω τους και καλλιεργούν τη διάθεσή τους για διάβασμα, ενώ μέσω του εικονογραφημένου βιβλίου έχουν τη δυνατότητα να συλλέξουν στο μυαλό τους ποικίλες εικόνες συσχετίζοντας και συγκρίνοντας τις με την πραγματικότητα ώστε να εμπλουτίσουν τις εμπειρίες τους (Morrow & Gambrell, 2004).

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στον σύγχρονο ψηφιακό μας κόσμο τόσο οι τεχνικές του Ευκλείδη για την κατασκευή σχημάτων και στερεών με κανόνα και διαβήτη όσο και οι καλλιτεχνικές δημιουργίες των origami φαντάζουν γνώσεις και δεξιότητες που δεν έχουν ίσως καμία πρακτική αξία και εφαρμογή. Στη πραγματικότητα όμως ερευνώντας τη σχέση της επιστήμης της Ευκλείδειας γεωμετρίας και της τέχνης origami στη γενική της έκφραση (δηλαδή τη δίπλωση επιφανειών πέραν των τετραγωνικών κλασικών επιφανειών χαρτιού του origami) διαπιστώθηκε η στενή διασύνδεσή τους σε πολλά πρωτοπόρα τεχνολογικά επιτεύγματα που αφορούν κλάδους άλλων επιστημών. Σχέσεις αλληλεπίδρασης ανάμεσα στις επιστήμες που αναδεικνύονται μέσα από σπουδαία και πρωτοποριακά projects στην Ιατρική, στις κατασκευές, στο εμπόριο, στην εξερεύνηση του διαστήματος καθώς και σε πολλές άλλες επιστήμες και φυσικά στην καλλιτεχνική έκφραση και δημιουργία. Εδώ τα σύνορα τέχνης και επιστήμης είναι ασαφή και η ομορφιά της τέχνης προάγει την επιστήμη, ενώ ο ορθολογισμός της επιστήμης απελευθερώνει τον καλλιτέχνη.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Αργυράκης, Δ., Βουργάνας, Π., Μεντής, Κ., Τσικοπούλου, Σ., & Χρυσοβέργης, Μ. (χ.χ.). *Μαθηματικά Γ' Γυμνασίου*, Αθήνα: Εκδόσεις Ι.Τ.Υ.Ε. «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ».

Βανδουλάκης, Ι., Καλλιγιάς, Χ., Μαρκάκης, Ν., & Φερεντίνος, Σ. (χ.χ.). *Μαθηματικά Α' Γυμνασίου*, Αθήνα: Εκδόσεις Ι.Τ.Υ.Ε. «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ».

Βλάμος, Π., Δρούτσας, Π., Πρέσβης, Γ., & Ρεκούμης, Κ. (χ.χ.). *Μαθηματικά Β' Γυμνασίου*, Αθήνα: Εκδόσεις Ι.Τ.Υ.Ε. «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ».

Λάμπρη, Κ. (2011). *Passepartout: αντικείμενο-απόσπασμα χώρου ή ένα παιχνίδι γεωμετρίας* Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος. Ανακτήθηκε από: <https://core.ac.uk/download/pdf/132820835.pdf>

Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα, Μ., & Καμπούρη Α. (χ.χ.). *Βιολογία Β' & Γ' Γυμνασίου*, Αθήνα: Εκδόσεις Ι.Τ.Υ.Ε. «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ».

Παπαδοπούλου, Θ. (2018). *Δυναμικά Συστήματα Σκίασης*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πάτρα: ΕΑΠ. Ανακτήθηκε από: <https://apothesis.eap.gr/archive/item/71785>

Παπανδρέου, Σ., & Τζούμας, Μ. (2014). *Τριχοτόμηση γωνίας με οριγκάμι*. Ανακτήθηκε από Φωτόδεντρο: <https://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/5800>

Σταμάτης, Ε. Σ. (1975). *Ευκλείδου Γεωμετρία. ΤΟΜΟΣ Ι*. Αθήνα: Ο.Ε.Δ.Β.

Collyer, K. (2023). *How origami can help in space exploration*. Ανακτήθηκε από: <https://globalnews.ca/news/10037710/origami-in-space>

Gent, E. (2018). *6 ways the centuries-old art of origami is bringing us the future*. Ανακτήθηκε από: <https://www.nbcnews.com/mach/science/6-ways-ancient-art-origami-bringing-us-future-ncna898731>

Hardesty, L. (2016). *Ingestible origami robot. Robot unfolds from ingestible capsule, removes button battery stuck to wall of simulated stomach*. Ανακτήθηκε από: <https://news.mit.edu/2016/ingestible-origami-robot-0512>

Ibrahim, J. A., & Alibaba, H. Z. (2019). *Kinetic Facade as a Tool for energy Efficiency*. International Journal of Engineering Research and Reviews, Vol. 7, Issue 4, pp: (1-7).

Lang, R. J. (2015). *Huzita-Justin Axioms*. Ανακτήθηκε από: <https://langorigami.com/article/huzita-justin-axioms>

Morrow, L. M., & Gambrell, L. B. (2004). *Using Children's Literature in Preschool: Comprehending and Enjoying Books*. International Reading Association, Newark, DE.

Newton, L. (2011). The power of origami. *Simulation*, December, 231-231.

Nishiyama, Y. (2012). Miura folding: Applying origami to space exploration. *International journal of pure and applied mathematics*, 79(2), 269-279.

Takashi, S. (2021). *Origami Techniques Applied to Space Development*. Ανακτήθηκε από: https://www.gov-online.go.jp/eng/publicity/book/hlj/html/202112/202112_05_en.html

Trafton, A. (2020). Engineers use “DNA origami” to identify vaccine design rules Ανακτήθηκε από: <https://news.mit.edu/2020/dna-origami-vaccine-design-rules-0629>

Winder, B. G., Magleby, S. P., & Howell, L. L. (2009). Kinematic representations of pop-up paper mechanisms. *Journal of Mechanisms and Robotics*, 1(2).

ΔΙΚΤΥΟΓΡΑΦΙΑ

DNA-Origami-IBM: <https://www.ibm.com/support/pages/node/6160431?lnk=hm>

JANM: <https://www.janm.org/exhibits/foldingpaper/artists>

Όλες οι φωτογραφίες από τις εργασίες των μαθητών μας στον σύνδεσμο της ιστοσελίδας του σχολείου μας: <http://2gym-pyrgou.ilei.sch.gr/sxoliki-zoi/draseis/diagonismoi/516-symmetoxi-mathiton-trion-sto-1o-mathitiko-mathimatiko-synedrio-metitlo-mathimatikes-pro-s-kliseis-ston-21o-aiona-20-21-apriliou-2024-sto-synedriako-kai-politistiko-kentro-tou-panepistimiou-patron>