

Miura-Ori

Keywords: trygonometria, origami, składanie papieru, Miura-ori, składanie Miura, funkcje trygonometryczne

Miura-ori (składanie Miura) jest jednym z najbardziej znanych sposobów składania papieru w origami. Kiedy słyszymy słowo origami, prawdopodobnie najpierw wyobrażamy sobie papierowy model w kształcie zwierzęcia lub łodzi. Te proste kształty często stanowią pierwszy krok do fascynującego świata składania papieru. Istnieją jednak również dzieła origami, których wykonanie wymaga kilku godzin, a nawet dni umiejętnej pracy.

Fascynujące jest to, że zasada składania, jaką znamy z origami, występuje również w otaczającej nas przyrodzie i w nas samych. Stopniowo otwierający się pączek kwiatu, delikatnie rozkładające się skrzydła owadów ukryte pod pokrywami skrzydłowymi (utwardzonymi przednimi skrzydłami), złożona struktura ludzkiego DNA lub ściany jelita grubego – wszystkie one wykorzystują zasady podobne do tych stosowanych w origami. Zdolność materiałów i struktur do „składania się” i „rozkładania” w razie potrzeby jest jednym z podstawowych elementów budujących życie.

W ostatnich latach origami przeżywa prawdziwy boom, nie tylko jako hobby dla miłośników papieru, ale także w wielu dziedzinach sztuki i nauki. Wpłynęło ono na architektów, projektantów mebli, artystów i naukowców. Origami przekształciło się zatem z zwykłej sztuki składania papieru w narzędzie, które pomaga kształtować przyszłość.

Origami w nauce

Jednym z obszarów, w których origami znalazło zastosowanie, jest program kosmiczny. Podczas transportu dużych obiektów w kosmosie muszą one być składane do mniejszych rozmiarów. Jednym z takich obiektów jest osłona gwiazdna — gigantyczna tarcza zaprojektowana w celu blokowania światła gwiazdy. Astronomowie używają jej do obserwacji planet znajdujących się w pobliżu jasnych gwiazd, których blask uniemożliwiałby obserwację.

Wykorzystanie origami w robotyce również ma swoje zalety. Roboty zaprojektowane z wykorzystaniem origami mogą być szybsze, tańsze i łatwiejsze w produkcji niż roboty tworzone przy użyciu tradycyjnych technik.

Pojawiają się nowe rodzaje materiałów wykorzystujących struktury origami. Wzory tych struktur origami często opierają się na okresowym podziale płaszczyzny. W poniższych ćwiczeniach przyjrzymy się najbardziej znanemu wzorowi i metodzie składania papieru.

Zastosowanie Miura-Ori i technika składania

Ta technika składania została wynaleziona przez japońskiego astrofizyka Koryo Miurę. Po rozłożeniu struktura wygląda tak, jakby była podzielona na rzędy równoległoboków.

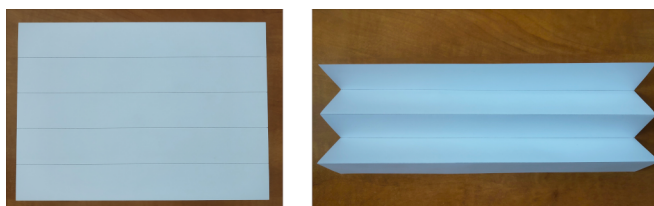
Ten konkretny wzór można rozłożyć lub złożyć w jeden prosty sposób. Wystarczy pociągnąć za jeden róg, aby rozłożyć origami przy minimalnym wysiłku. Miura zaprojektował tę metodę składania dla paneli słonecznych. W 1995 roku panel słoneczny wykorzystujący ten projekt został zainstalowany na japońskim satelicie Space Flyer Unit. Od tego czasu technika ta znalazła wiele innych zastosowań, w tym przenośne

Results matter!

panele słoneczne i składane osłony kuloodporne dla policji. W Japonii mapy są również składane w ten sposób, aby uniknąć zużycia i zniszczenia rogów.

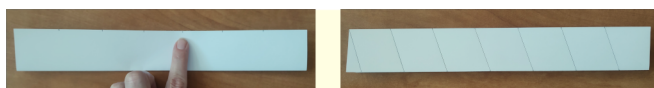
Wzór ten jest również stosowany w inżynierii materiałowej jako wewnętrzna część konstrukcji warstwowej. Wykonany z papieru kevlarowego, płyty pilśniowej lub folii plastikowej i umieszczony pomiędzy dwiema warstwami okładki, tworzy lekką konstrukcję, która jest bardzo wytrzymała i stabilna.

Spróbujmy złożyć ten wzór. Możemy zacząć od standardowego arkusza papieru formatu A4, który ma wymiary 210 mm x 297 mm. Aby wzór można było płynnie otwierać i zamykać, zaleca się podzielenie boków na nieparzystą liczbę sekcji. Zaczynamy od podzielenia krótszego boku arkusza A4 na 5 równych części, tak aby każda część miała długość 42 mm. Następnie łączymy przeciwległe punkty i składamy papier wzdłuż tych linii w harmonijkę.



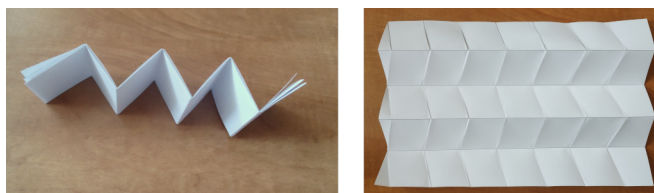
Rysunek 1: Folding the Miura-ori pattern

Teraz podziel jedną z dłuższych krawędzi na 7 równych części. Przez każdy punkt podziału narysuj linię, która tworzy kąt nieprostokątny z dłuższą krawędzią. Przez pozostałe punkty podziału narysuj linie równoległe do tej linii.



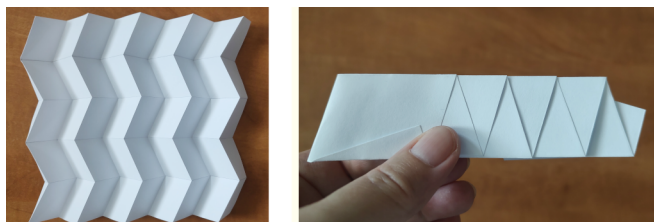
Rysunek 2: Folding the Miura-ori pattern

Składamy harmonijkę wzdłuż tych równoległych linii. W tym momencie wszystkie zagięcia niezbędne do uzyskania ostatecznego wzoru są już na swoim miejscu — ale niektóre z nich są złożone w niewłaściwym kierunku.



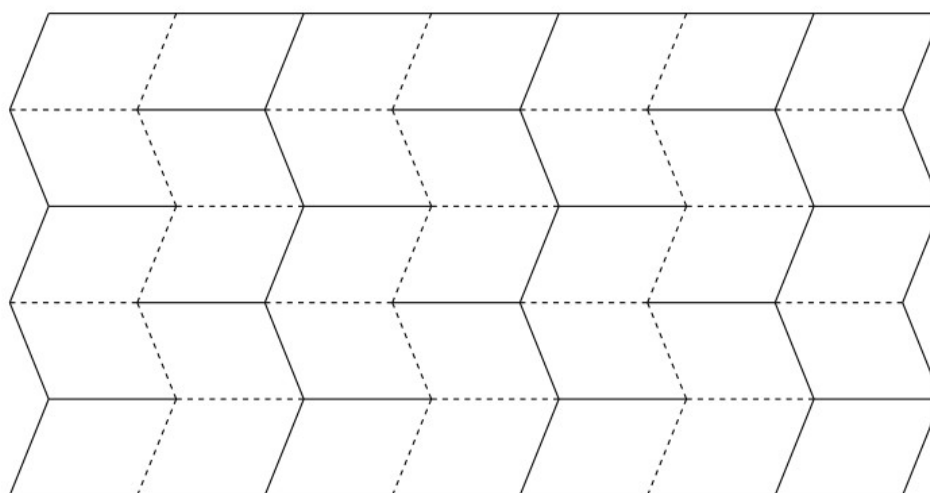
Rysunek 3: Folding the Miura-ori pattern

Rozkładamy i układamy harmonijkę tak, aby poszczególne linie zagięcia tworzyły naprzemienne grzbiety i doliny.



Rysunek 4: Folding the Miura-ori pattern

Fałdy wzoru Miura-ori są oznaczone w origami tak jak na poniższym obrazku, tj. grzbiety są ciągłe, a doliny przerywane.



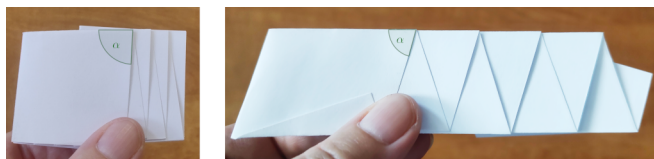
Rysunek 5: Miura-ori

Ćwiczenie 1. Poniższy rysunek przedstawia dwie wersje końcowego wzoru po złożeniu (przy użyciu tego samego rozmiaru papieru i liczby podziałów). Jakie parametry mają wpływ na długość końcową?



Rysunek 6: Different solutions

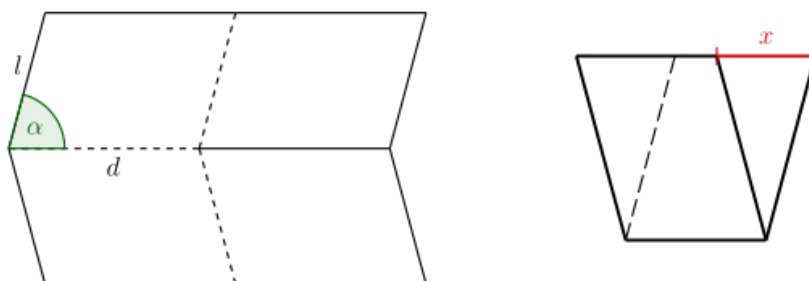
Rozwiązanie. Z prostego porównania wzorów jasno wynika, że długość powstałego wzoru zależy od kąta, pod którym linie tworzą kąt nieprostokąty z dłuższym bokiem. Jest to oczywiste, ponieważ jest to jedyny czynnik, który powoduje różnice między wzorami. Oznaczmy ten kąt ostry przez α . Jeśli kąt α będzie ostrzejszy, długość złożonego wzoru wzrośnie. Im bliżej 90° jest ten kąt, tym krótszy będzie złożony wzór.



Rysunek 7: Different solutions with angles

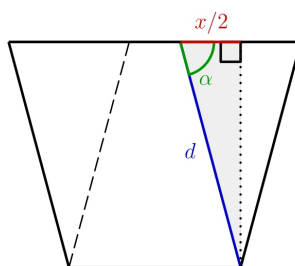
Do tej pory porównaliśmy dwa różne wyniki oparte na podobnych podziałach. Ale w jaki sposób długość złożonego wzoru zależy od kąta α i innych parametrów? Aby dokładniej zbadać tę zależność, warto skupić się na podstawowej części wzoru.

Ćwiczenie 2. Poniższy rysunek przedstawia podstawową część wzoru Miura-ori w postaci rozłożonej i złożonej. W jaki sposób zaznaczona długość x zależy od wielkości kąta α oraz długości d i l ?



Rysunek 8: Fundamental part of Miura-ori in unfolded and folded version

Rozwiązanie. Ważne jest, aby zaznaczyć parametry na obrazie w odpowiednich miejscach.



Rysunek 9: Finding the length

Dla $\cos \alpha$ otrzymujemy zatem

$$\cos \alpha = \frac{\frac{x}{2}}{d} = \frac{x}{2d},$$

z czego po prostu wyrażamy

$$x = 2d \cdot \cos \alpha.$$

Długość x nie zależy zatem w ogóle od l , ale tylko od kąta α i długości d .

Literatura i źródła

- <https://www.youtube.com/watch?v=uFyJykl1O0k>
- <https://www.youtube.com/watch?v=ZVYz7g-qLjs>
- <https://laughingsquid.com/millidelta-small-origami-inspired-robot/>
- <https://www.jpl.nasa.gov/news/solar-power-origami-style>
- https://en.wikipedia.org/wiki/File:NASA_Starshade_animation.webm