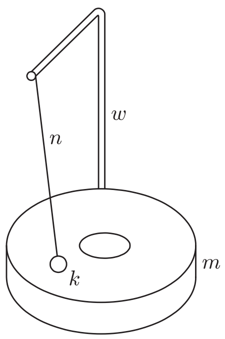
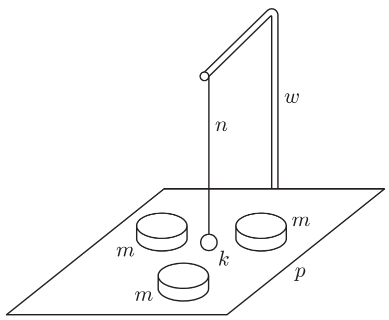


Rys. 3. Wahadło Van der Pola; m – magnes pierścieniowy, w – wspornik, n – nitka, k – kulka lub nakrętka stalowa.



Rys. 4. Inna wersja wahadła Van der Pola; m – magnes krążkowy, w – wspornik, n – nitka, k – stalowa kulka lub nakrętka, p – podstawa.

Dla Czytelników, którzy nie lubią prac w drewnie, przeznaczona jest propozycja wahadła Van der Pola, składającego się ze stalowej kulki lub nakrętki zawieszonej nad magnesem (rys. 3). W celu zbudowania tego wahadła wystarczy niewielka kulka stalowa z otworem lub nakrętka, pierścieniowy magnes ferrytowy o średnicy 5–6 cm lub większej, wymontowany np. z uszkodzonego głośnika, kawałek nitki, drut aluminiowy o grubości 2–4 mm i taśma klejąca. Drut aluminiowy dwukrotnie zaginamy pod kątem prostym, tworząc wspornik i za pomocą taśmy klejącej mocujemy go do magnesu. Nitkę przewlekamy przez otwór w kulce lub nakrętce i zawiązujemy. Drugi koniec nitki przywiązujemy do wspornika, tak żeby kulka mogła poruszać się na wysokości kilku milimetrów nad magnesem.

Spróbujmy teraz przewidzieć ruch kulki, wychylonej z położenia równowagi i puszczonej swobodnie nad magnesem. Mogłoby się wydawać, że kulka będzie poruszała się wzdłuż prostoliniowego odcinka tam i z powrotem z malejącym wychyleniem, podobnie jak kulka wahadła matematycznego. Okazuje się jednak, że takie przewidywania są całkowicie błędne, ponieważ kulka porusza się po skomplikowanej linii krzywej, niespodziewanie zmieniając swój kierunek ruchu i prędkość. Jeżeli dwukrotnie puścimy kulkę z tego samego wychylenia, to okaże się, że tory ruchu będą za każdym razem inne. Wynika stąd, że ruch stalowej kulki nad magnesem wykazuje cechy chaosu deterministycznego. Chaos ten spowodowany jest nieliniową zależnością siły oddziaływania magnetycznego od odległości między kulką i magnesem.

Jeżeli nie mamy magnesu w kształcie pierścienia, to również możemy zbudować wahadło magnetyczne. Wystarczą 3–4 magnesy krążkowe o średnicy około 1,5 cm, używane do przytrzymywania kartek na tablicy magnetycznej lub lodówce, albo prostokątne magnesy stosowane w zatrzaskach meblowych. Magnesy takie przyklejamy w różnych położeniach do drewnianej podstawki, nad którą będzie się poruszała stalowa kulka lub nakrętka (rys. 4).

Na zakończenie warto jeszcze zwrócić uwagę na pewną interesującą prawidłowość. Obserwując ruch kulki, zauważamy, że wraz z upływem czasu jej wychylenia stają się coraz mniejsze, przy czym w końcowym etapie odbywają się one w pobliżu pewnego łuku lub odcinka. Ten graniczny łuk lub odcinek, do którego dąży ruch kulki, nazywa się w teorii chaosu deterministycznego atraktorem.

---

motywy Logo

Język natury i architektury

Andrzej WALAT

Popularna książka Vratko Šrobára *Przygoda matematyczna* zaczyna się od zdania: *Wielki Galileusz napisał w jednej ze swoich rozpraw te pamiętne słowa*: *Przyroda mówi językiem matematyki*: *literami tego języka są koła, trójkąty i inne figury geometryczne.*

Autorzy dwutomowego dzieła *Granice chaosu. Fraktale* – Peitgen, Jürgens i Saupe (1995) już myśleli inaczej: *Elementami tradycyjnego języka – geometrii euklidesowej są podstawowe, dobrze znane figury takie jak proste, okręgi i sfery. Natomiast elementów naszego nowego języka nie można bezpośrednio obserwować. Są nimi algorytmy, które mogą być przekształcane na kształty i struktury jedynie przy użyciu komputerów. Co więcej, zasób tych algorytmicznych elementów jest niewyczerpalnie wielki. Mogą wyposażyć nas one w opisowe narzędzia o ogromnych możliwościach. Kiedy opanujemy już ten nowy język, będziemy mogli opisać kształt chmury z taką łatwością i tak dokładnie, jak architekt potrafi opisać budynek w języku tradycyjnej geometrii.*

Krótko mówiąc, zdaniem Peitgena, Jürgensa oraz Saupego: **językiem natury jest geometria fraktalna – tradycyjna geometria jest językiem architekta**.

A co na ten temat sądzą architekci? Zajrzyjmy do elementarnego przewodnika po historii architektury Jeremy'ego Melvina (2006) będącego zbiorem krótkich opisów różnych kierunków. Każdy opis składa się z wprowadzenia, kilku nazwisk głównych twórców, zwięzłej definicji i słów kluczowych charakterystycznych dla danego „izmu”. Słowa kluczowe dla **metaracjonalizmu** to: **IT** (*Information*

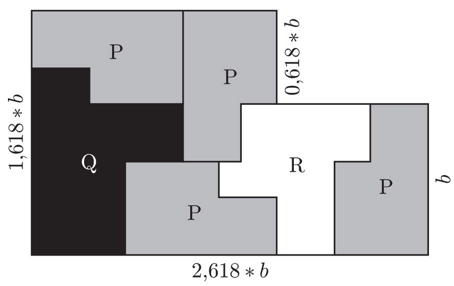
Technology), **wariacja**, **fraktale**, **składanka**. Geometria fraktalna jest więc nie tylko językiem natury, ale również współczesnej architektury.

W 2002 roku ukazała się interesująca książka *Informal* Cecila Balmonda – inżyniera konstruktora, a także teoretyka i profesora architektury. Jest to ilustrowana historia jego współpracy z najwybitniejszymi architektami XX wieku nad wieloma słynnymi projektami – opis wylęgania się i realizacji oryginalnych idei, a jednocześnie zapis myśli o architekturze i sztuce, matematyce: liczbach, figurach, algorytmach i fraktalach. Balmond formalnie nie jest architektem, tylko inżynierem konstruktorem, ale jego wkład w realizowane z jego udziałem projekty był tak duży i oryginalny, że trudno nie uznać go za współautora, a czasem może głównego twórcę dzieła. Charles Jencks (znany krytyk i teoretyk architektury) napisał: *Cecil Balmond, jak wielu innych najwybitniejszych twórców architektury, ma bardzo wyrafinowaną ideę nowego paradygmatu, który bez wątpienia wywodzi się ze współczesnej nauki, jaką jest teoria złożoności. Tradycyjne podejście do struktur i przestrzeni opierało się na bryłach platońskich i kwadratowych siatkach. Poczynając od chińskiej i egipskiej architektury aż do dzisiaj, takie podejście kształtowało wygląd naszych projektów i miast. Nowy paradygmat, nie odrzucając tradycyjnego punktu widzenia, umieszcza go w szerszym kontekście jako fragment większej całości. Klasyczne wzory występują w naturze w sferycznym ruchu planet i sześciokątnych płatkach śniegu, ale natura generalnie jest inna. Fale mózgowe, zapis pracy serca, wzrost galaktyk wykazują inne formy organizacji.*

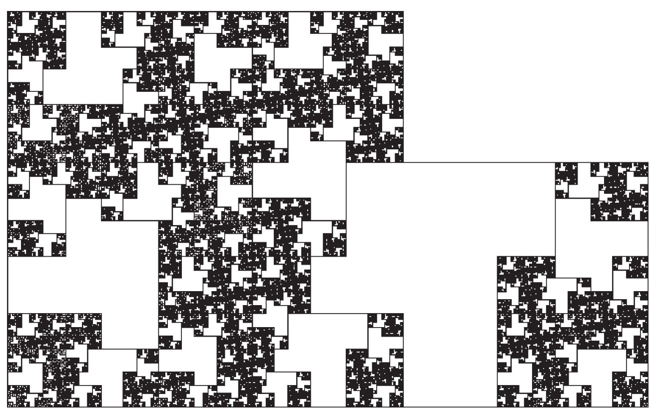
Przykładem próby wykorzystania w architekturze nowych form organizacji przestrzeni dynamicznych, spiralnych i nieokresowych jest spirala Libeskinda. Jest to niezrealizowany projekt nowego budynku Victoria & Albert Museum w Londynie, który miał powstać w miejscu istniejącej obecnie kolumnady. Libeskind i Balmond długo zastanawiali się, czym pokryć fruwające ściany ich budowli. Szybko odrzucili myśl pokrycia ich parkietażem w stylu wzorów islamu lub Williama Morrisa. Potrzebowali czegoś bardziej dynamicznego. W końcu zachwycili się odkryciem amerykańskiego matematyka, Roberta Ammana, układu trzech rodzajów płytek, którymi można pokryć płaszczyznę, ale wyłącznie nieokresowo. Znanych jest kilka podobnych odkryć, w tym popularne odkrycie nieokresowego parkietażu za pomocą dwóch rodzajów płytek Rogera Penrose'a. Trójwymiarowe bryły, analogiczne do płytek Penrose'a, określają strukturę jakiejś dziwnej postaci materii. Badanie tych quasikryształów stanowi żywy dział krystalografii. Cokolwiek na temat nieokresowych parkietaży można przeczytać w książce Penrose'a „Nowy umysł cesarza", więcej można dowiedzieć się z dostępnego w Internecie artykułu Chaima Goodmana-Strausa *Aperiodic Hierarchical Tilings*.

Wróćmy do płytek Ammana i co z nimi zrobili Libeskind z Balmondem. Układanka Ammana składa się z trzech rodzajów płytek: P, R i Q. Rysunek 1 przedstawia płytkę P podzieloną na cztery mniejsze szare płytki P oraz jedną płytkę R – białą i jedną płytkę Q – czarną. Każdą płytkę R, a także płytkę Q podobnie jak P można podzielić na mniejsze płytki P, Q oraz R. Proporcje boków płytki P (a także R oraz Q) opierają się na stosunku złotego podziału $z \approx 1{,}618$. Dzieląc płytki na coraz mniejsze części, dostajemy złożone rysunki tworzące trzy ciekawe rodziny fraktali. Jeśli proces dzielenia zaczniemy od płytki P, to w granicy otrzymamy pełne pokrycie figury złożonej z dwóch przyległych kwadratów.

L&B postanowili pokryć ściany swojej spirali fraktalami, które powstają w ten sposób, że zaczynamy proces podziału od płytki P, a następnie dzielimy, teoretycznie bez końca, wszystkie płytki typu P oraz Q, ale nie dzielimy płytek R. W ten sposób otrzymujemy złożone układy, takie jak na rysunku 2. Aktywnym Czytelnikom polecam samodzielne napisanie procedury kreślenia fraktali Libeskinda–Balmonda. Nagrodą będzie przyjemność obejrzenia, jak powstaje obraz fraktala, a szczególnie pewnych nieoczekiwanych „efektów ubocznych". Rozwiązanie zadania w aneksie na stronie WWW *Delty*.



Rys. 1



Rys. 2

Literatura

C. Balmond (2002), *Informal*, Prestel, Munich, Berlin, London, New York.

J. Melvin (2006), *Architektura, kierunki, mistrzowie, arcydzieła*, Elipsa, Warszawa.

H. O. Peitgen, H. Jürgens, D. Saupe (1995), *Granice chaosu. Fraktale, Część 1*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

H. O. Peitgen, H. Jürgens, D. Saupe (1996), *Granice chaosu. Fraktale, Część 2*, Warszawa.

R. Penrose (1996), *Nowy umysł cesarza. O komputerach, umyśle i prawach fizyki*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

V. Šrobár (1967), *Przygoda matematyczna*, Iskry, Warszawa.