

# L-systémy

**L-systém** alebo **Lindenmayerov systém** je druh formálnej gramatiky (formálny jazyk s prepisovacími pravidlami) známy najmä vďaka svojmu použitiu pri modelovaní vývinu rastlín, ako aj ďalším biologickým aplikáciám. Taktiež môžu byť použité aj na generovanie niektorých typov fraktálov.

**Prepisovací systém** - na začiatku je axióma (napr. znak/symbol, niekoľko znakov/slovo) a je daných niekoľko prepisovacích pravidiel, ktoré sa paralelne aplikujú na prvé slovo. Tak vznikne druhé slovo, resp. i-té slovo podľa počtu iterácií aplikovania pravidiel.

L-systémy sa interpretujú pomocou geometrických metód, napr. pomocou **korytnačej geometrie**, a spolu vytvorili univerzálny nástroj na modelovanie rastu rastlín v prírode.

Interpretácia základov jazyka pre korytnačku:

- **F** je pohyb vpred (**f** je pohyb bez kreslenia čiary)
- **+** je otečenie vľavo
- **-** je otočenie vpravo

## Úlohy – Fraktály

**Fraktál** - geometrický objekt vybudovaný pomocou rekurzcie. Ide o nepravidelný, fragmentovaný geometrický tvar, ktorý môže byť rozdelený na časti, z ktorých je každá aspoň približne podobná, zmenšená kópia celého geometrického tvaru. Táto vlastnosť tiež býva nazývaná sebepodobnosť.

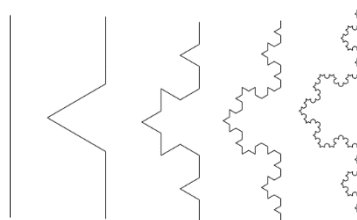
### Kochova snehová vločka

Vytvorte jednu z prvých objavených fraktálnych kriviek. Postupne zvyšujte počet iterácií.

Axióma: **F**

Pravidlo: **F → F + F - - F + F**

Uhol: **60°**

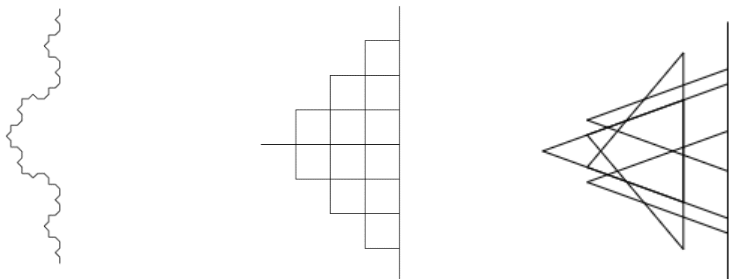


[F]  
[F+F--F+F]  
[F+F--F+F+F+F--F+F--F+F--F+F+F+F--F+F]  
[F+F--F+F+F+F--F+F--F+F--F+F+F+F--F+F+F+F--F+F--F+F--F+F+F+F--F+F--F+F--F+...]

### Variácie s uhlom a axiómou

Vyskúšajte upraviť uhol:

**45, 90, 110, ...**

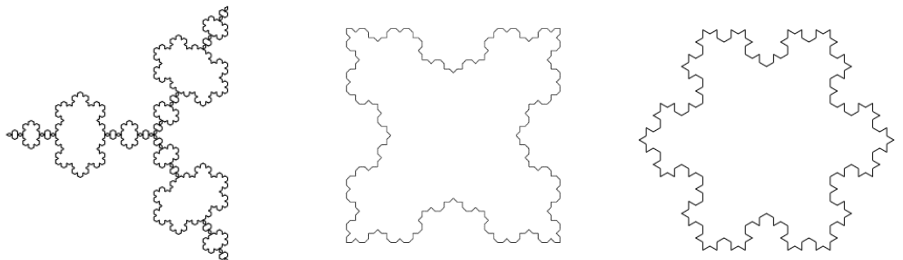


Upravte axióm systému:

**F + + F + + F**, pre uhol 60°

**F + + F + + F + + F**, pre uhol 45°

**F - - F - - F**, pre uhol 60°



## Kochov ostrov

Vytvorte Kochov ostrov, pričom využite alternatívny zápis pre dlhé pravidlá. (Pozor! Nepárne iterácie sa nevykreslia. Skúste sa zamyslieť prečo.)

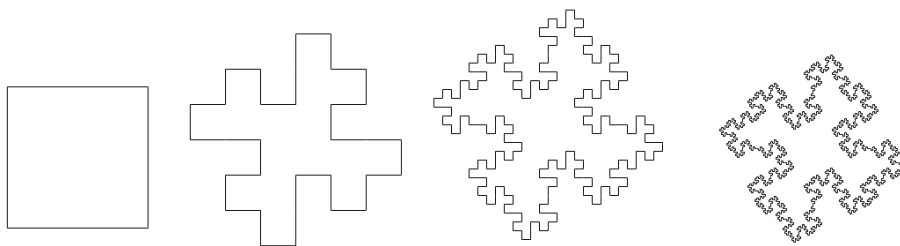
Axióma: **F - F - F - F**

Pravidlá: **F → P Q**

**P → F - F + F + F**

**Q → F - F - F + F**

Uhol: **90°**



## Parametrizácia a perturbácia

**Panel náhodnosti** umožňuje vnieť do našich obrazcov chcenú chybu. Jej mieru vieme ovládať pomocou posúvačov “Faulty step” / “Faulty turn” a k nim prislúchajúcim posúvačom “Probability”, ktoré menia pravdepodobnosť výskytu danej chyby.

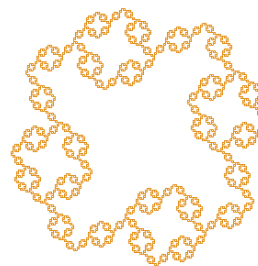
Preskúmajte ďalšie fraktály a využite pritom možnosti parametrizácie farby, hrúbky pera a náhodnosti. Jeden z vytvorených obrázkov si uložte.

Rôzne varianty **fraktálov**:

Axióma: **F - F - F - F**

Pravidlo: **F → F F - F - F - F - F + F**

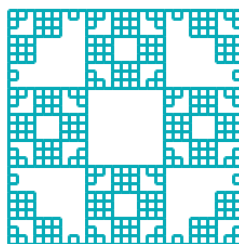
Uhol: **90°**



Axióma: **F - F - F - F**

Pravidlo: **F → F F - F - F - F F**

Uhol: **90°**



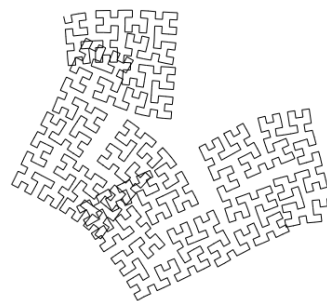
**Hilbertova krivka**:

Axióma: **P**

Pravidlá: **P → + Q F - P F P - F Q +**

**Q → - P F + Q F Q + F P -**

Uhol: **90°**



## Úlohy – Modelovanie rastlín

Pre L-Systémy s vetvením rozšírime abecedu o dva nové znaky [ a ]. Pri interpretovaní slova i-tej generácie budeme [ zátvorku chápať takto: korytnačka (pero) sa pred zátvorkou rozklonuje a svojmu klonu zverí interpretovanie nasledujúcej časti slova až po zodpovedajúcu ] zátvorku. Ona sama paralelne pokračuje v interpretovaní slova za touto zátvorkou. Klonovanie tu predstavuje delenie rastových buniek a ich ďalší paralelný rast podľa zodpovedajúcich programov (zákonitostí).

Po každom vetvení, čiže po symbole ], je možné pridať list, kvet alebo plod. Túto funkcionality obsahuje **panel štruktúr**.

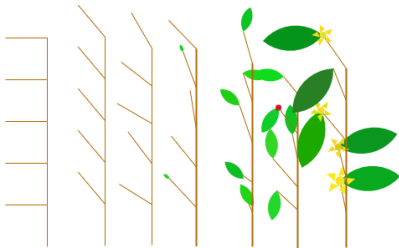
### Byliny a stromy

Vyskúšajte symboly vetvenia pri vytváraní modelov rastlín. Experimentujte s iteráciami, parametrami, náhodnosťou, či štruktúrami. Opäť si jeden z vytvorených obrázkov si uložte.

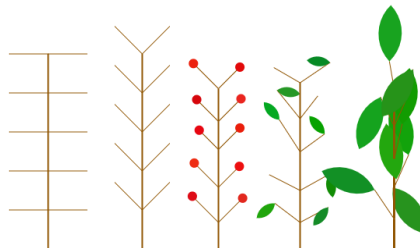
#### Základné vetviace sa štruktúry:

Axióma: **P**

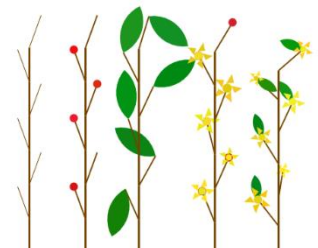
Pravidlo:  **$P \rightarrow F [+ F] P$**



Pravidlo:  **$P \rightarrow F [+ F] [- F] P$**



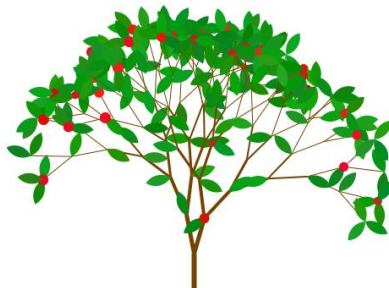
Pravidlo:  **$P \rightarrow F [+ F] F [- F] P$**



#### Stromovité štruktúry:

Axióma: **P**

Pravidlo:  **$P \rightarrow F [+ P] [- P]$**



Axióma: **F F F P**

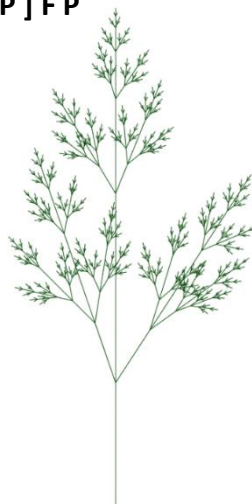
Pravidlo:  **$P \rightarrow F [+ P] [- P]$**



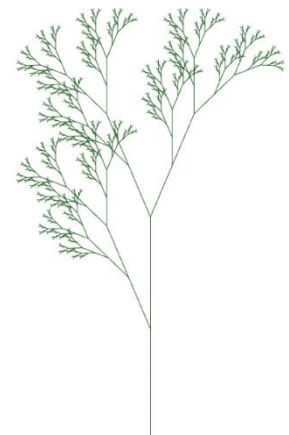
#### Byliny:

Axióma: **P**

Pravidlá:  **$P \rightarrow F [+ P] [- P] F P$**   
 **$F \rightarrow F F$**



Pravidlá:  **$P \rightarrow F [+ P] F [- P] + P$**   
 **$F \rightarrow F F$**



## Systémy s nedeterminizmom

Ide o nahodný výber medzi pravidlami definovanými pre rovnaký znak.

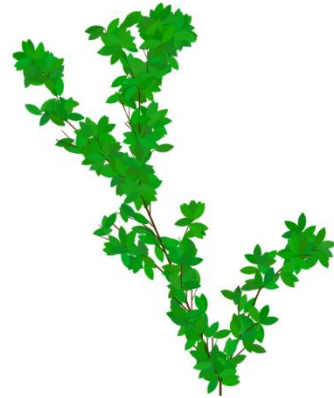
Vyskúšajte definovať viacero pravidiel pre jeden znak a vykreslite tieto systémy viac krát.

Axióma: **F**

Pravidlá:  **$F \rightarrow F[+F]F[-F]F$**

**$F \rightarrow F[+F]$**

**$F \rightarrow F[-F]$**



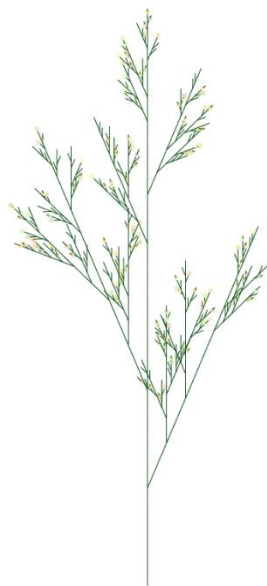
Axióma: **P**

Pravidlá:  **$P \rightarrow F[QP]F[QP]QP$**

**$F \rightarrow FF$**

**$Q \rightarrow +$**

**$Q \rightarrow -$**



Skúste posledné **Q** v pravidle nahradiť znakom **F**.

Skúste pravidlo  **$Q \rightarrow +$**  zadať ešte raz. Vedeli by ste povedať, čo to spôsobí?