SYMETRIE

ZÁKLADNÍ PRINCIP USPOŘÁDÁNÍ

David Wade

David Wade

SYMETRIE

Základní princip uspořádání

© Wooden Books Limited 2006
Published by Arrangement with Alexian Limited.
Translation © Petra Pachlová, 2012
Designed and typeset by Wooden Books Ltd, Glastonbury, UK.

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této publikace nesmí být rozmnožována a rozšiřována jakýmkoli způsobem bez předchozího písemného svolení nakladatele.

Druhé vydání v českém jazyce (první elektronické).
Z anglického originálu *Symmetry. The Ordering Principle* přeložila Petra Pachlová.
Odpovědná redaktorka Tereza Kodlová.
Sazba David Greguš. Konverze do elektronické verze Tomáš Zeman.
Vydalo v roce 2014 nakladatelství Dokořán, s. r. o., Holečkova 9, Praha 5, dokoran@dokoran.cz, www.dokoran.cz, jako svou 731. publikaci (172. elektronická).

ISBN 978-80-7363-669-2

SYMETRIE

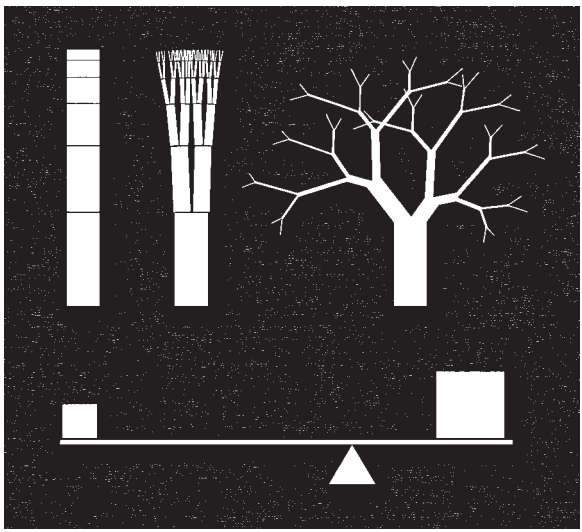
ZÁKLADNÍ PRINCIP USPOŘÁDÁNÍ

David Wade

Emilu Boulangerovi

Všechny obrázky jsou z archivu autora, kromě japonského vzoru „borovicové kůry“ na straně 39, převzatého z knihy Jeanne Allenové Japonské vzory *s laskavým svolením nakladatelství Chronicle Books, a portrétu Emmy Noetherové od Jesse Wadea na straně 45.*

Zkuste si také přečíst Symetrii a nádherný vesmír *Leona Ledermana a Christophera Hilla, knihu Maria Livia* Neřešitelná rovnice *nebo* Symetrie, jednotící koncept *Istvana a Magdolny Hargittaiových.*



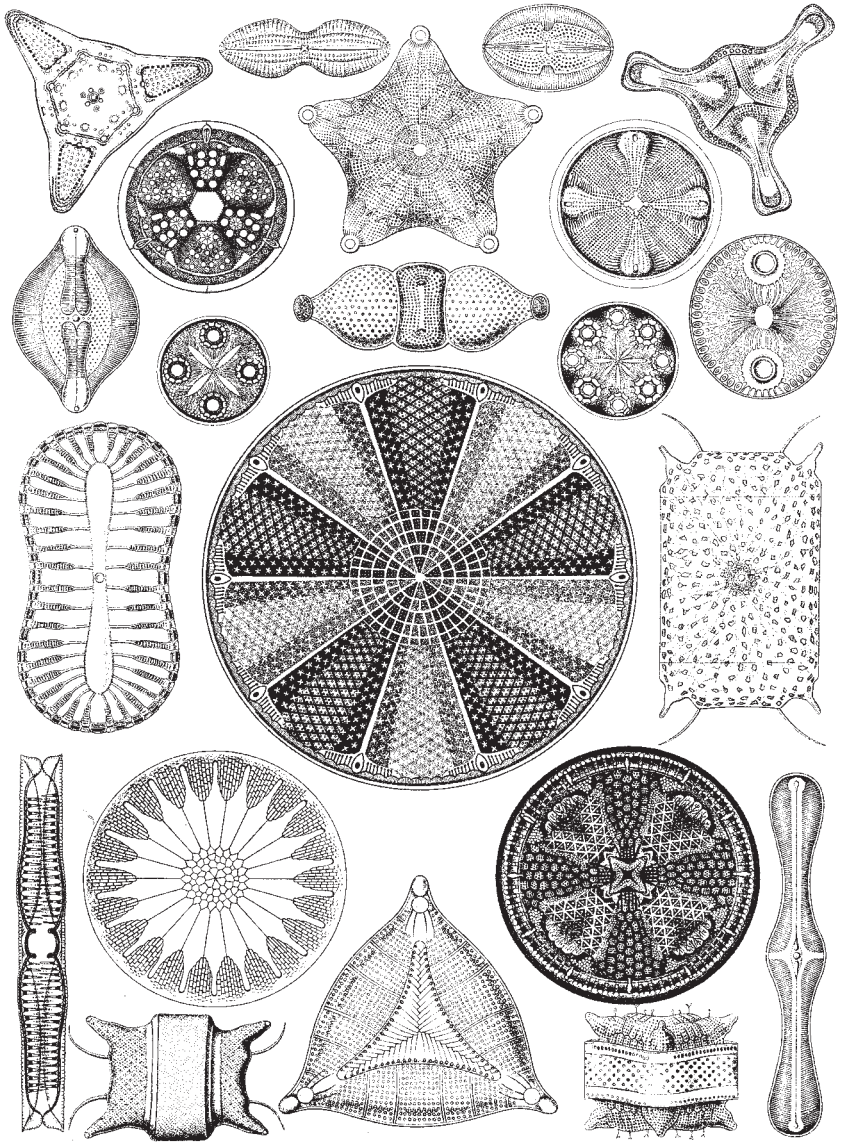
„Nechť se proporce nenalézají jen v číslech a mírách, ale také ve zvucích, váhách, časech a pozicích a jakékoli existující síle.“ – Leonardo da Vinci

Nahoře – Leonardova domněnka, že celková průřezová plocha stromu zůstává stejná na všech úrovních větvení; rovnováha dokládá skrytou symetrii síly: hmotnost tělesa násobená jeho vzdáleností od osy je na obou stranách „houpačky“ stejná.

Na následujícím obrázku je vzorek nekonečné přírodní symetrické rozmanitosti různých druhů rozsivek na kresbách Ernsta Haekela.

OBSAH

Úvod	1
Pole	2
Rotace a zrcadlení	4
Geometrická soběpodobnost	6
Radiální středové symetrie	8
Řezy a kostry	10
Sférická symetrie	12
Symetrie ve 3D	14
Stohování a balení	16
Svět krystalů	18
Základní látka	20
Dorzoventralita	22
Enantiomorfie	24
Zakřivení a tok	26
Spirály a šroubovice	28
Báječná Fibonacciho posloupnost	30
Systémy větvení	32
Fascinující fraktály	34
Penroseova dláždění a kvazikrystaly	36
Asymetrie	38
Samoorganizující se symetrie	40
Symetrie v chaosu	42
Symetrie ve fyzice	44
Symetrie v umění	46
Vášeň pro vzor	48
Symmetria	50
Formalismus	52
Empirické symetrie	54
Dodatek - grupy	56
Slovníček	58



ÚVOD

Symetrie oslovuje velké množství lidí; je stejně zajímavá pro matematika jako pro umělce a stejně důležitá pro fyziku jako třeba pro architekturu. Na tento jev uplatňuje nárok i spousta dalších oborů a každý má své vlastní představy, co symetrie je nebo by měla být. Ať se uplatní kterýkoli z přístupů, je nepochybné, že se tady zabýváme univerzálním principem, nicméně v naší každodenní zkušenosti jsou nápadné symetrie poměrně řídké a většina z nich zůstává skrytých. Takže co je tedy symetrie? Existují pro ni obecné formulace? Dá se skutečně jasně definovat?

Při bližším zkoumání je brzy zřejmé, že celý obor provázejí paradoxy. Tak předně, každá představa symetrie je zcela spjata s představou asymetrie; sotva si můžeme vybavit to první, aniž by se nám neevokovalo to druhé (jako s příbuznými koncepty ladu a neladu) – a existují i další duality. Poučky o symetrii jsou vždy spojovány s kategorizací, klasifikací a pozorovatelnými pravidelnostmi; krátce s omezeními. Ale sama o sobě je symetrie neomezená; neexistuje žádný prostor, který by její principy neprostupovaly. Navíc jsou symetrické principy charakterizovány klidem a nehybností, jež svým způsobem sahají za hemžení neklidného světa; a přesto jsou téměř vždy nějak spojovány s transformací nebo neklidem či pohybem.

Čím hlouběji člověk zkoumá tento obor, tím je zřejmější, že se sice jedná o jednu z nejběžnějších a nejrozsáhlejších oblastí studia – ale že v podstatě zůstává jednou z nejzáhadnějších.

POLE

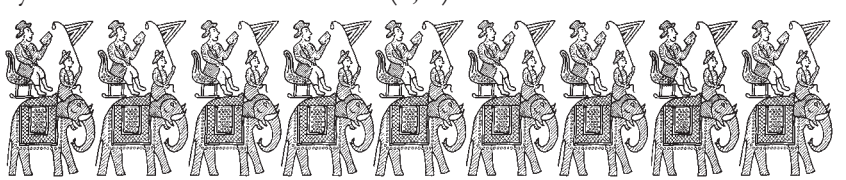
pravidelné uspořádání prvků

Máme-li pochopit, co mají různé druhy symetrií společného, hodně nám osvětlí pojmy *kongruence a periodicita*. Většina symetrií obsahuje tyto aspekty v té či oné formě a nepřítomnost jednoho či druhého obvykle vede k redukci či dokonce k absenci symetrie.

Například dva podobné objekty, jež mezi sebou nejsou v žádném zvláštním vztahu, jsou pouze podobné (protože ačkoli mohou být kongruentní, nejsou nijak uspořádané) (*1, naproti*). Přidáním třetího objektu přijde ke slovu jistý stupeň pravidelnosti a vytvoří se základ rozeznatelného vzoru (*2*).

Ve své nejjednodušší formě je tedy symetrie vyjádřena jako pravidelně se opakující obrazec v řadě (*dole*), série, která se může lehce rozšířit na pole (*3*). Samozřejmě jednoduchá uspořádání takového druhu by teoreticky mohla být rozšiřována do nekonečna, ale symetrie bude zachována právě tak dlouho, dokud zůstane konzistentní jak opakující se prvek, tak vzdálenosti.

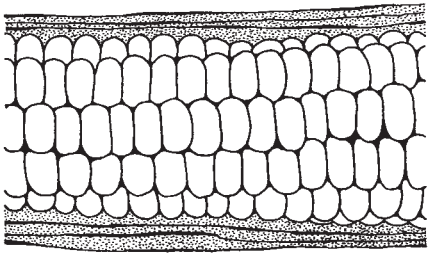
Pole symetrií můžeme spatřit v mnoha přírodních útvarech od známých řad zrn v klasu kukuřice (*4*) až k vzorům šupin u ryb a plazů (*5*). A pochopitelně taková pravidelná uspořádání tvoří důležitou součást mnoha uměleckých děl a artefaktů – jako na ozdobném šamanském plášti naproti (*6*). Přirozeně se v tvorbě polí uplatňují jak funkční, tak i estetická kritéria, což je evidentní na druhu vzorů vytvořených cihlovým zdivem a střešními taškami (*7, 8*).



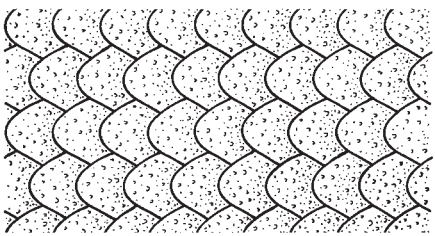
1. Pouhá podobnost

2. Vzor začne být zřejmý při třech prvcích

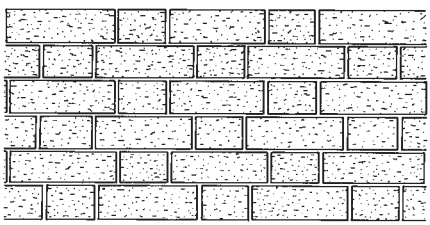
3. Symetrická pole vyžadují pravidelné prostorové rozložení. V podstatě jsou všechny symetrie založeny na „invarianci" nebo na „shodnosti". Předpokládaný pohyb, jenž je nezbytný k dosažení tohoto stavu, ať už vyžaduje prosté opakování, zrcadlení nebo rotaci (viz další strana), je v geometrické symetrii známý jako izometrie (viz Dodatek).



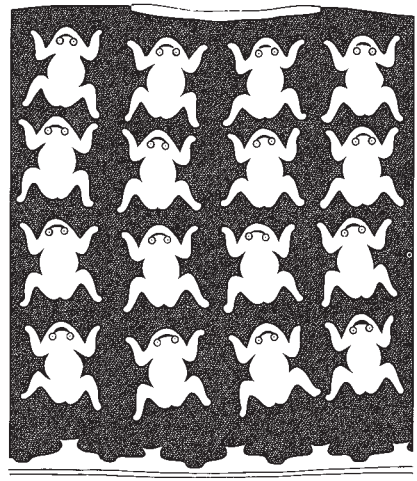
4.



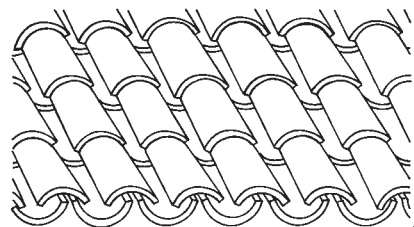
5.



7.



6.



8.

Rotace a zrcadlení
bodové symetrie

Existují dva další základní pojmy symetrie, a sice rotace a zrcadlení. Každá z těchto forem symetrie závisí na konceptu kongruence, tj. obecné shodě mezi každou částí prvku, ať je zobrazen jakkoli (*dole*). V jednoduché rotační symetrii jsou jednotlivé části rozloženy v pravidelných vzdálenostech kolem středového bodu (*1–4*).

Protože prvky v těchto symetriích jsou prosté nepřevrácené kopie jeden druhého, jsou popisovány jako přímo kongruentní. Naopak v zrcadlové symetrii jsou obrácené prvky uspořádány podle zrcadlové osy, a tak jsou protichůdně kongruentní (*5, 6*). Protože středový bod nebo osa zůstávají v zrcadleních a rotacích nehybné, tyto symetrie jsou známé pod souhrnným názvem bodové symetrie.

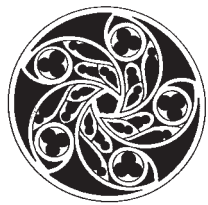
Ve své nejzákladnější formě obsahuje rotační symetrie pouze dva prvky uspořádané kolem středu. Této formě odpovídají obyčejné hrací karty – jakýkoli řez středem karty vede k jejímu rozdělení na dvě identické poloviny. Triskelionský („trojnohý“) symbol sestává ze tří otáčivých částí, svastika ze čtyř a tak dále – neexistuje žádný limit, ten je dán jen množstvím opakujících se částí, jež se mohou uspořádat kolem daného středu.

Rotační a zrcadlové symetrie se také mohou kombinovat. V tomto případě se osy zrcadlení protínají ve středovém bodě rotace. Symetrie obrazců a předmětů takového druhu je popisována jako dihedrální symetrie (7).

1. Nejjednodušší forma rotace kolem středu využívající pouze dva prvky (středová souměrnost)

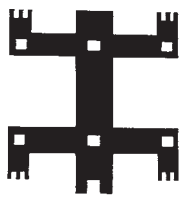
2. Hrací karty jsou patrně tím nejznámějším příkladem 2četné rotační symetrie dokládající shodnost při otočení o 180° (všimněte si, že zde není žádné zrcadlení)

3. Rotační symetrie může obsahovat jakýkoli počet prvků



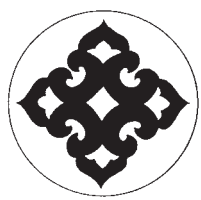
4. Motivy využívající 3, 4 a 5četnou rotační symetrii, a to se shodnostmi při otočení o 120°, 90° a 72°

5. Zrcadlení podle osy (osová souměrnost)



6. Motivy s pouze zrcadlovou symetrií patří k těm nejběžnějším

7. Dihedrální symetrie



8. Motivy dokládající dihedrální symetrii kombinující zrcadlení a rotaci

Geometrická Soběpodobnost

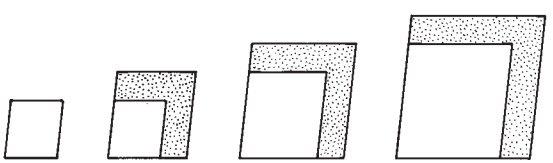
gnómony a další soběpodobné obrazce

Symetrie je neměnná vlastnost jak růstu, tak formy, ať v jednoduchých nebo složitých, živých či neživých systémech.

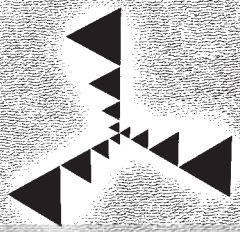
Gnómon (původně starý řecký tesařský nástroj tvaru L pro vytýčení pravého úhlu) představuje jeden z nejjednodušších příkladů geometrického růstu (*dole*). Princip je následující: když se gnómon přidá k obrazci, ten se zvětší, ale zachová si svůj celkový tvar – a to se dá provádět nekonečně dlouho.V podstatě právě tohle se děje v komplikovaných útvarech např. u schránek mušlí nebo u paroží, kde dochází k novému nárůstu k mrtvé tkáni.

Dilatační symetrie také tvoří obrazce, které jsou geometricky podobné originálu. Odvozují se zvětšením (nebo zmenšením) tvaru podél os šířících se ze středu. Dilatační symetrie, jež existují od nekonečně malých k nekonečně velkým, mohou využívat jakýkoli úhel ze středu (*1*) či jakékoli pravidelné rozdělení kruhu (*2*) nebo kruh v celém jeho rozsahu (*3*).

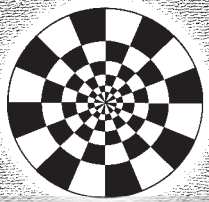
Dilatace může být také spojená s rotací, a tím se vytvářejí spojité symetrie, jež mohou dát vznik stejnoúhelným spirálám (*4*) (o nich více později), nebo nespojité symetrie (*5*) (v tomto případě není přírůstek nutně celočíselným podílem úplného otočení). Dilatační symetrie se také vyskytují v trojrozměrném prostoru. Jak je vidět, spirálové symetrie jsou úzce spojeny s rotací a dilatací a často se objevují tam, kde se rotace a dilatace kombinují.



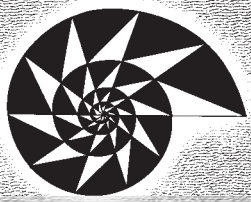
1. Dilatační symetrie jsou spojeny s pravidelným zvětšováním (nebo zmenšováním)



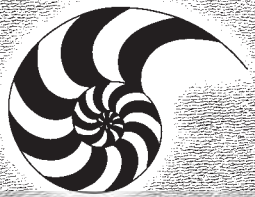
2. Dilatace vycházející ze středu



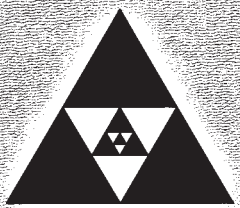
3. Dilatace zahrnující 360°

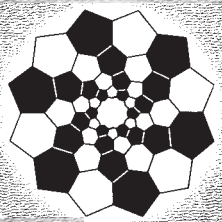


4. Dilatace kombinovaná s rotací

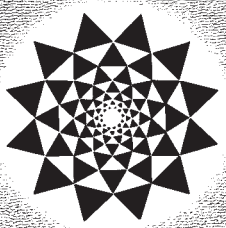


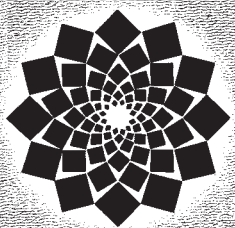
5. Nespojitá rotační dilatace

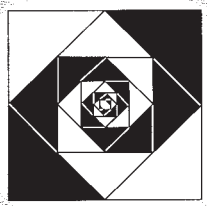




6. Podobnostní symetrie vznikají z pravidelného uspořádání obrazců







Radiální středové symetrie
bodové grupy

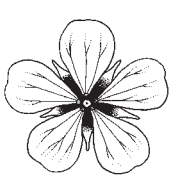
Radiální symetrie jsou zřejmě nejznámější ze všech pravidelných uspořádání. Protože jsou konečné, patří do široké kategorie symetrií bodových grup – a vyskytují se ve třech různých formách.

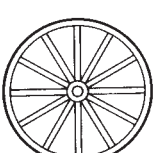
V dvojrozměrném prostoru vycházejí z bodu v rovině a vykazují rotační symetrii s libovolným počtem pravidelných sekcí kruhu; často také obsahují zrcadlení a tvoří dihedrální symetrie (*1*). Takové uspořádání mají mnohé květiny a středové radiální motivy se objevují v dekorativním umění téměř všech kultur.

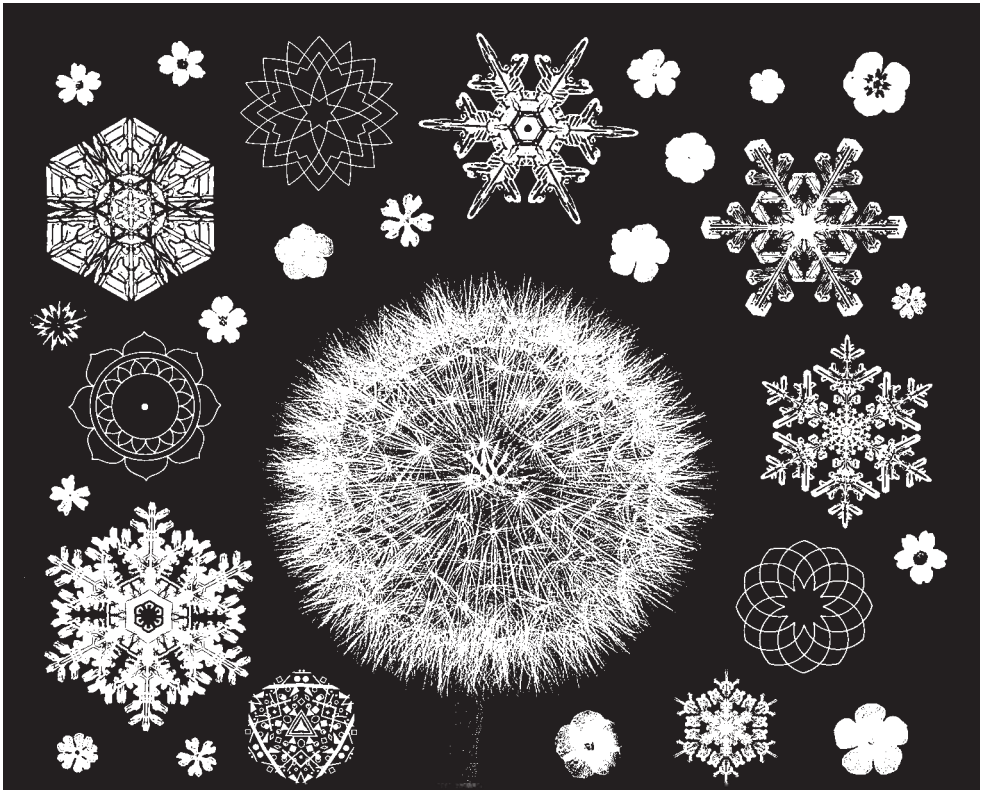
V trojrozměrném prostoru se radiální symetrie buď soustřeďují na bod v prostoru, ze kterého vybíhají dráhy do všech okolních bodů (jako při explozi) (*2*), nebo mají polární osu rotace a jsou typicky cylindrické nebo kónické (*3*). Ty posledně zmíněné představují charakteristické symetrie rostlin.

Okvětní uspořádání velké většiny květin využívá nějaké číslo z Fibonacciho posloupnosti, např. 3, 5, 8, 13, 21 atd. (*více o této magické posloupnosti na straně 30*). Proslulá symetrie sněhových krystalů je naproti tomu vždy šestibodová.

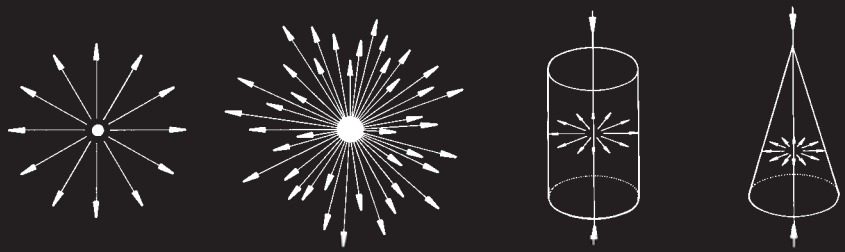
Dvojrozměrná radiální symetrie je nejen velice oblíbená v dekorativních motivech, ale představuje také tu nejužitečnější konfiguraci pro jakékoli zařízení vyžadující rotační pohyb – obzvlášť pro kolo v jeho četných podobách.







Protože jsou radiální symetrie všech typů konečné, patří do kategorie symetrií bodových grup



1. Dvojrozměrná radiální symetrie *2. Trojrozměrná radiální symetrie* *3. Radiální symetrie kolem polární osy*