

Anna Kropidłowska

# WODA

---

Cz. 2

WASSER

WATER

ВОДА

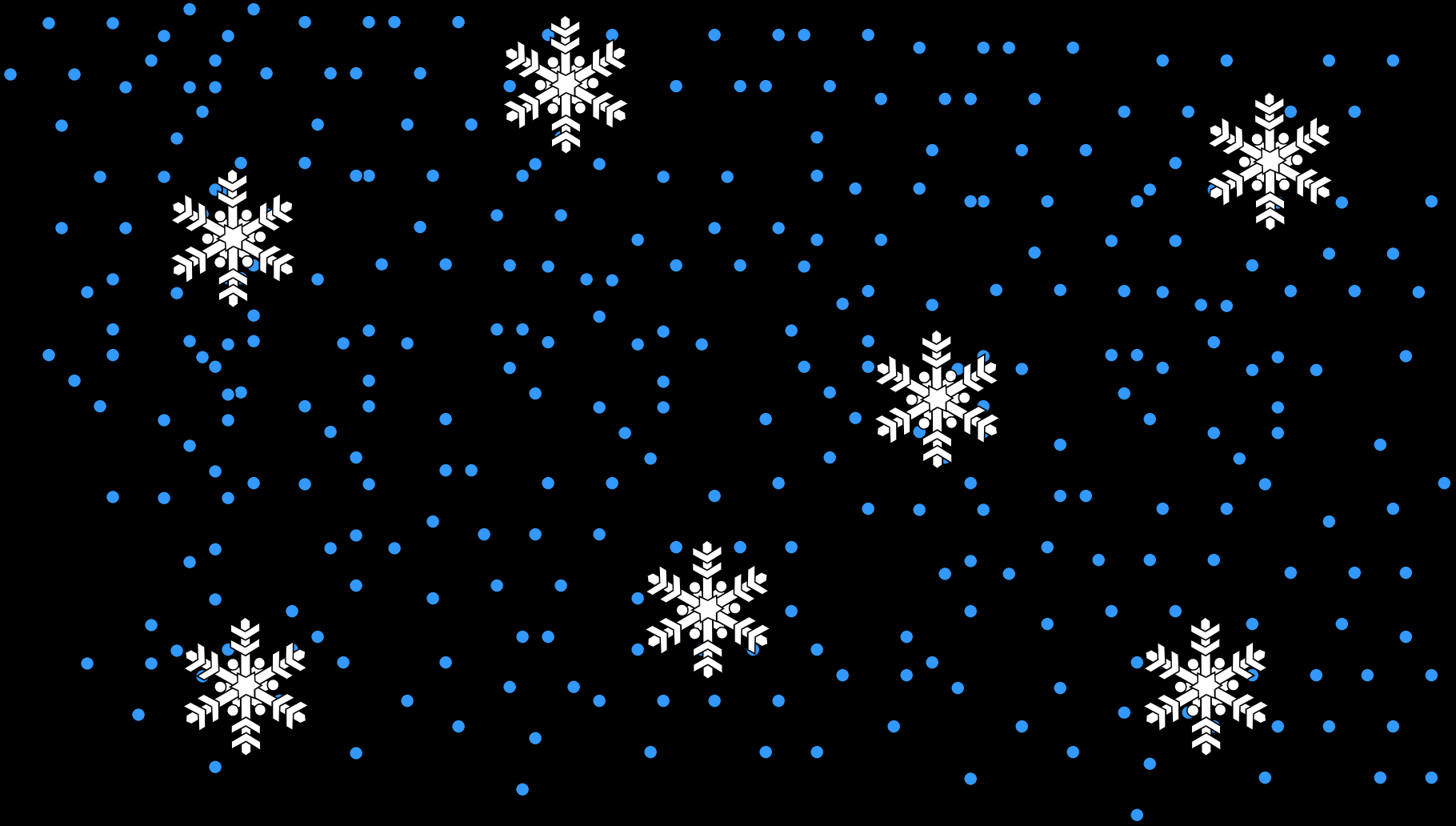
AGUA

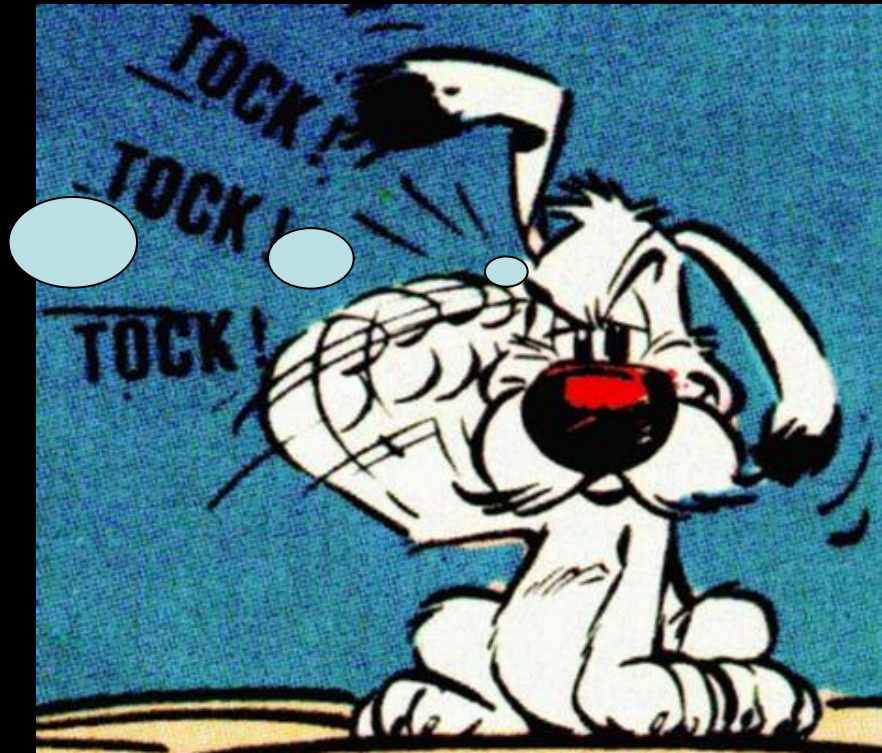
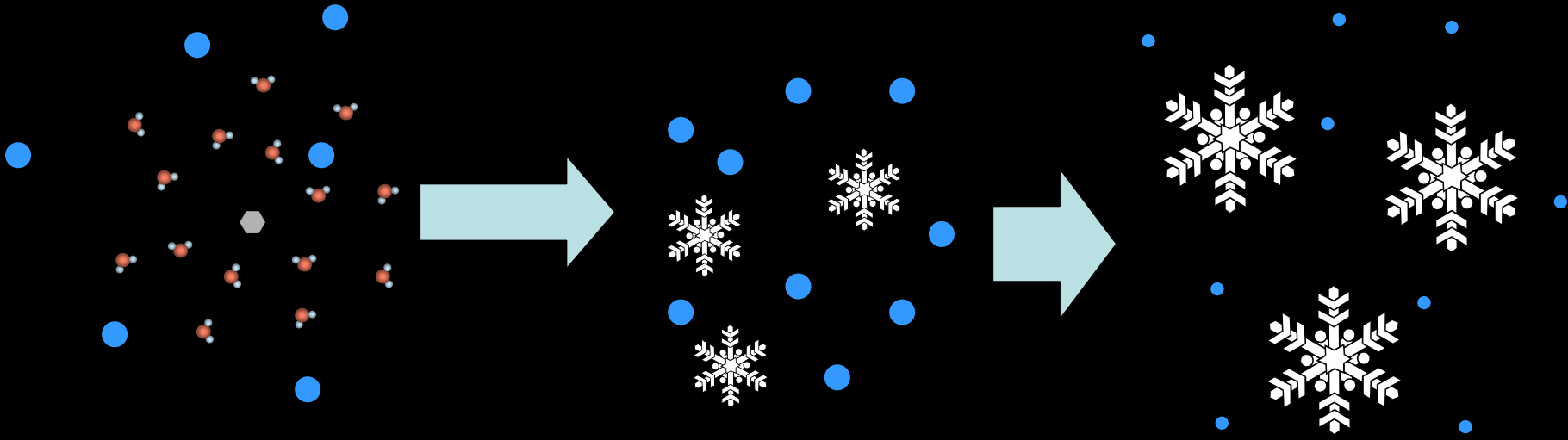
AQUA

EAU

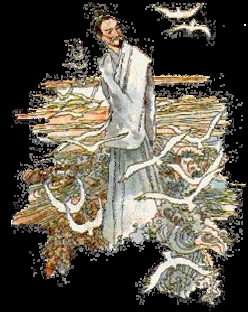


**Pada śnieg ...**





# Śnieg w oczach ludzkości...



- Chińczyków już w II w. p.n.e. zaintrygowała symetria kryształów śniegu i to oni pierwsi swe rozważania zawarli w traktatach

- Europejczycy poczynili analogiczne obserwacje w wiekach średnich. Rodowód wiedzy o śniegu na Zachodzie związany jest z XIII-wiecznymi pracami dominikanina **Albertusa Magnusa**



European  
mythology  
classical  
ages



- W 1611 roku **Johannes Kepler** opublikował swoje dzieło: „*O sześcioramiennych płatkach śniegu*”, w którym snuł swoje porównania śniegu do plastrów miodu i ziaren w owocach granatu, jednakże tej prawidłowości wyjaśnić nie był w stanie
- *"There must be some definite cause why, whenever snow begins to fall, its initial formation invariably displays the shape of a six-cornered starlet. For if it happens by chance, why do they not fall just as well with five corners or with seven?"*



# Śnieg w oczach ludzkości...

- **1635 René Descartes** – filozof i matematyk podał racjonalny opis morfologii kryształków śniegu. Jego notatki zawierają zarówno opis igieł, jak i płatków 12-bocznych.

*"These were little plates of ice, very flat, very polished, very transparent, about the thickness of a sheet of rather thick paper...but so perfectly formed in hexagons, and of which the six sides were so straight, and the six angles so equal, that it is impossible for men to make anything so exact."*

- W 1665 roku **Robert Hooke** opublikował tom „*Micrographia*”, zawierający szkice tego, co oglądał pod mikroskopem. Zawarte są tam również rysunki śnieżnych płatków.

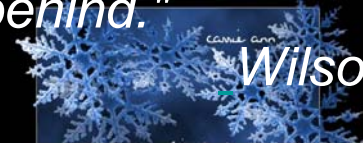


# Śnieg w oczach ludzkości...

- **Wilson A. Bentley (1865-1931)**, amerykański farmer, autor ok. 5000 mikrofotografii śnieżnych płatków
- Ponad 2000 z tychże zdjęć znalazło się w jego słynnej książce „*Snow crystals*”, opublikowanej w 1931 roku, a której publikacje są wznawiane aż po dziś dzień.
- z racji swoich pasji zyskał przydomek: „The Snowflake Man”



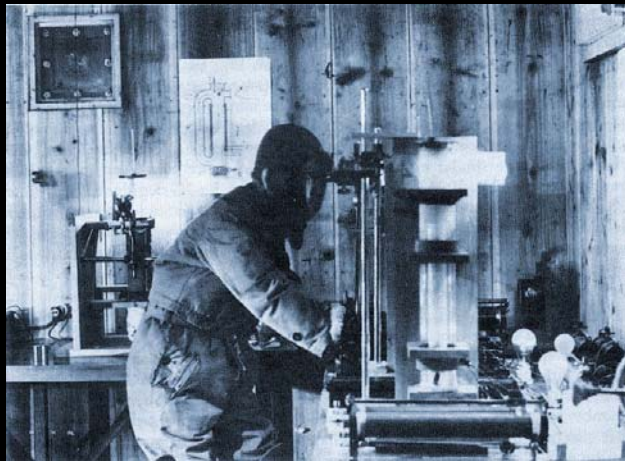
*"Under the microscope, I found that snowflakes were miracles of beauty; and it seemed a shame that this beauty should not be seen and appreciated by others. Every crystal was a masterpiece of design and no one design was ever repeated., When a snowflake melted, that design was forever lost. Just that much beauty was gone, without leaving any record behind."*



Wilson "Snowflake" Bentley (1925)

# Śnieg w oczach ludzkości...

- **Ukichiro Nakaya**, z wykształcenia fizyk jądrowy, jako pierwszy przeprowadził prawdziwie systematyczne badania śnieżnych kryształków, które wniosły bardzo wiele w rozumienie jak się one tworzą
- W odróżnieniu od poprzedników zajmował się wszelkim formami kryształów – nie tylko tymi wykazującymi nieskazitelną symetrię i piękno.



- Największym jego sukcesem było otrzymanie płatków śniegu w całkowicie sztucznych warunkach
- Dzięki badaniom tych kryształków dokładnie opisał ich morfologię w zależności od stosowanych warunków wzrostu, które okazały się kluczem do zrozumienia fizycznego podłoża ich formowania
- Swoje badania zawarł w książce: „*Snow crystals: Natural and Artificial*”





# Uporządkowujemy śnieżny świat, czyli o klasyfikacji ...

| CODE | GRAPHIC SYMBOL | TYPICAL FORMS |  |  |
|------|----------------|---------------|--|--|
| 1    |                |               |  |  |
| 2    |                |               |  |  |
| 3    |                |               |  |  |
| 4    |                |               |  |  |
| 5    |                |               |  |  |
| 6    |                |               |  |  |
| 7    |                |               |  |  |
| 8    |                |               |  |  |
| 9    |                |               |  |  |
| 0    |                |               |  |  |

- Międzynarodowa Komisja Śniegu i Lodu (ICSI) w 1951 zaproponowała podział na siedem głównych grup kryształów: płytki, gwiazdki, słupki, igły, przestrzenne kryształy dendrytyczne, zamknięte kolumny, i formy nieregularne.
- Ponadto włącza się również trzy dodatkowe typy wytrąceń śnieżnych: grudki lodowe, grad, graupel

- Klasyfikacje wg Nakaya – obejmuje podział na siedem głównych grup, które dalej dzielą się na 41 poszczególnych typów morfologicznych

|      |      |      |      |      |     |     |     |     |
|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| N1a  | N1b  | N2   | C1a  | C1b  | C1c | C2a | C2b | C2c |
| P1a  | P1b  | P1c  | P1d  | P1e  | P1f | P1g | P1h | P1i |
| P2a  | P2b  | P2c  | P3a  | P3b  | P4  | P5a | P5b |     |
| CP1a | CP1b | CP1c | CP2a | CP2b | CP3 | S   | I1  | I2  |
| R1   | R2   | R3a  | R3b  | R4a  | R4b | R4c |     |     |

- Klasyfikacje wg Mogono i Lee – najbardziej rozbudowana klasyfikacja, będąca rozszerzeniem tabeli Nakaya. Opublikowana w 1966 roku, obejmuje 80 odrębnych typów morfologicznych

# My mówimy po prostu „śnieg” ...

... ale na przykład Eskimosi nie mają słowa „śnieg” ...

... ponieważ ...

→ padający śnieg

ANNIU

→ śnieg leżący na ziemi

API

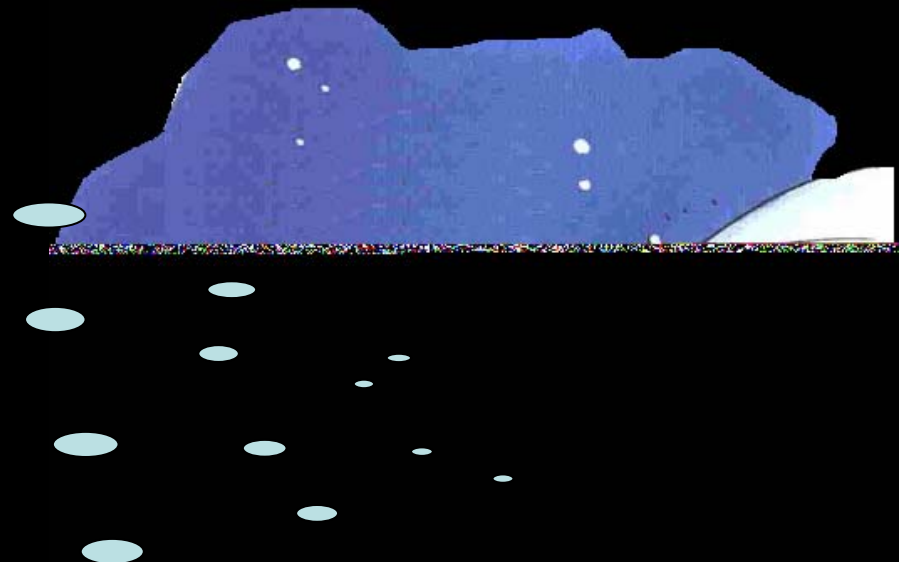
→ zbity śnieg

PUKAK

→ zaspą śnieżną

SIQOQ

- itd. ...



# No dobrze, ale co to właściwie ŚNIEG?

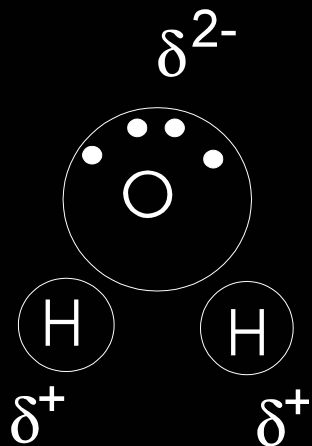
- **Śnieg**, rodzaj opadu atmosferycznego złożonego krysztalków lodowych (śnieżynek) różnorodnych kształtach związanych warunkami powstania (głównie termiczno-wilgotnościowymi).
- Podstawową postacią krysztalków śniegu jest gwiazdka sześcioramienna, na której w niskich temperaturach dochodzi do intensywnej sublimacji powstania rozgałęzionych blaszek, gwiazdek o niezwykle urozmaiconych ornamentach.
- W temperaturze bliskiej i powyżej 0°C krysztalki lodowe „miękną” i łatwo się zlepiają tworząc duże płyty.



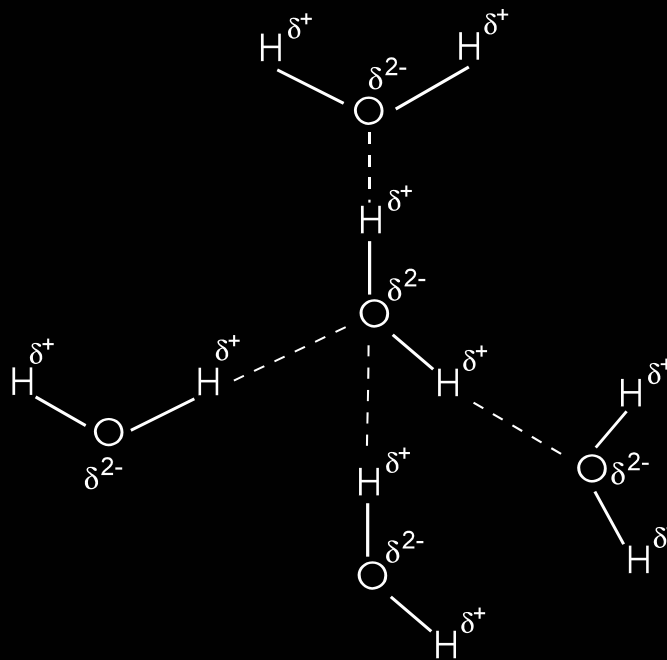


**Woda, woda, woda ...  
czyli od niej się  
zaczyna**

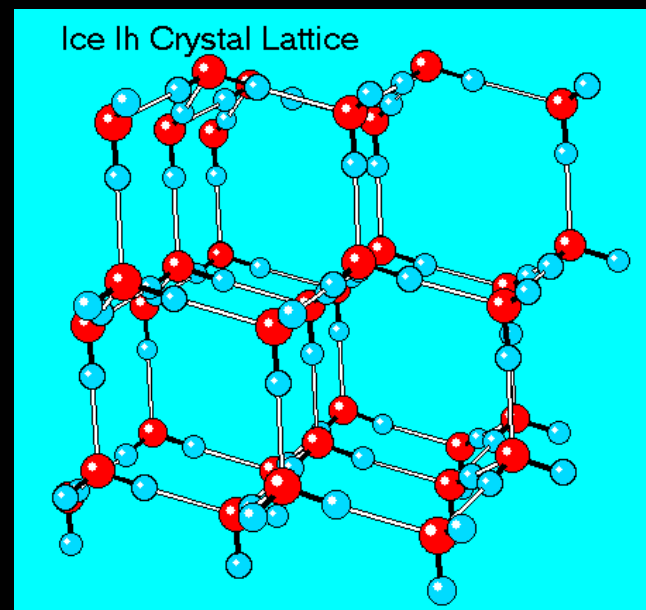
# Cząsteczki wody



Cząsteczka wody



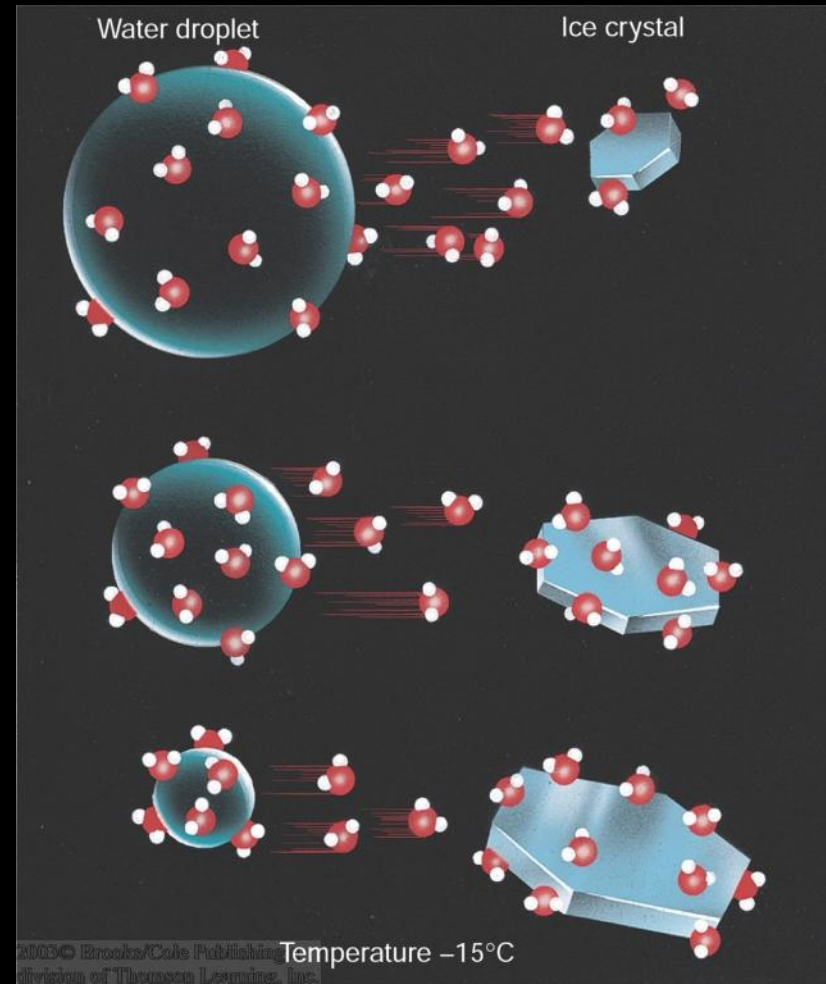
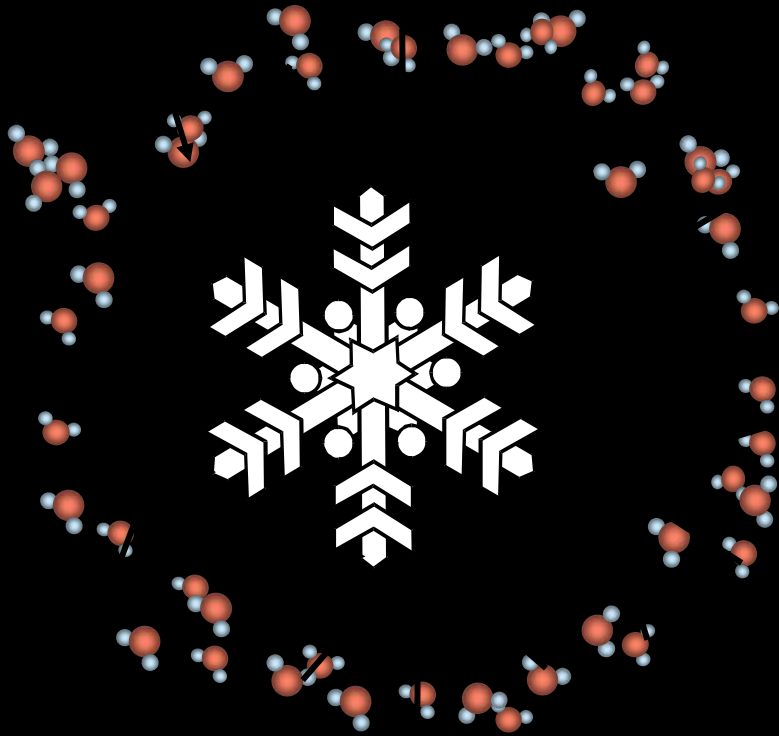
Wiązania wodorowe  
występujące w wodzie



Heksagonalna sieć lodu



# Skąd się biorą kryształki śniegu?



# Jak wygląda śnieżny płatek?

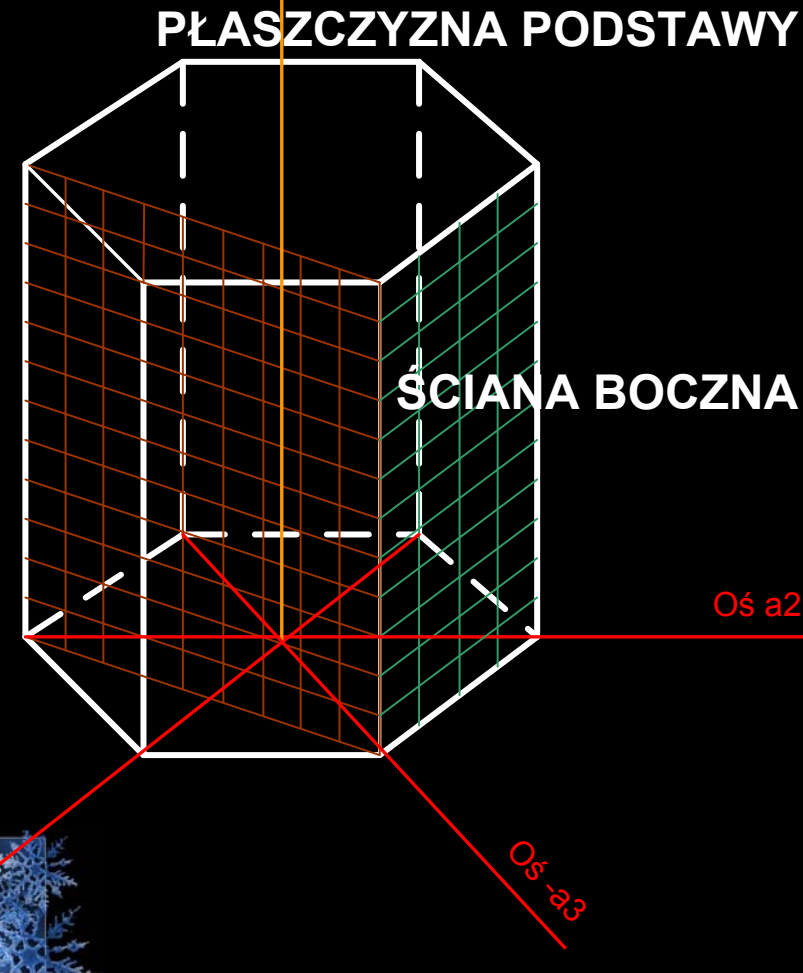
- Ułożenie cząsteczek wody w sieci ciała stałego  $\Rightarrow$
- Najczęściej spotykamy heksagonalne graniastosłupy

W graniastosłupie możemy wyróżnić:

- Dwie sześciokątne ściany podstawy
- Sześć prostokątnych bocznych ścian słupkowych

Ten graniastosłup o podstawie sześciokąta może być typu:

- płytkowego
- kolumnowego
- w zależności od długości ścian kryształu wzdłuż osi  $c$  w stosunku do długości względem osi  $a$

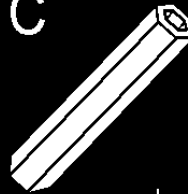


# Śnieg, śnieg, śnieg...

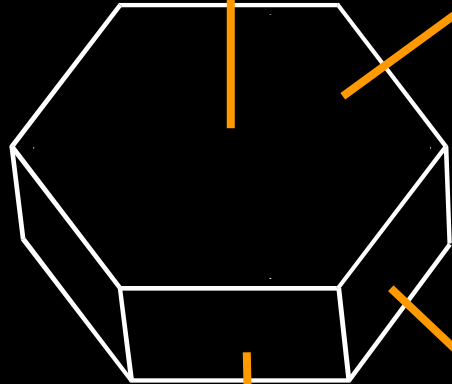
needle



C



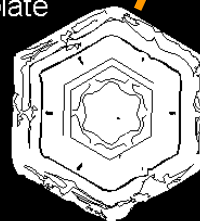
column



stellar

S

plate



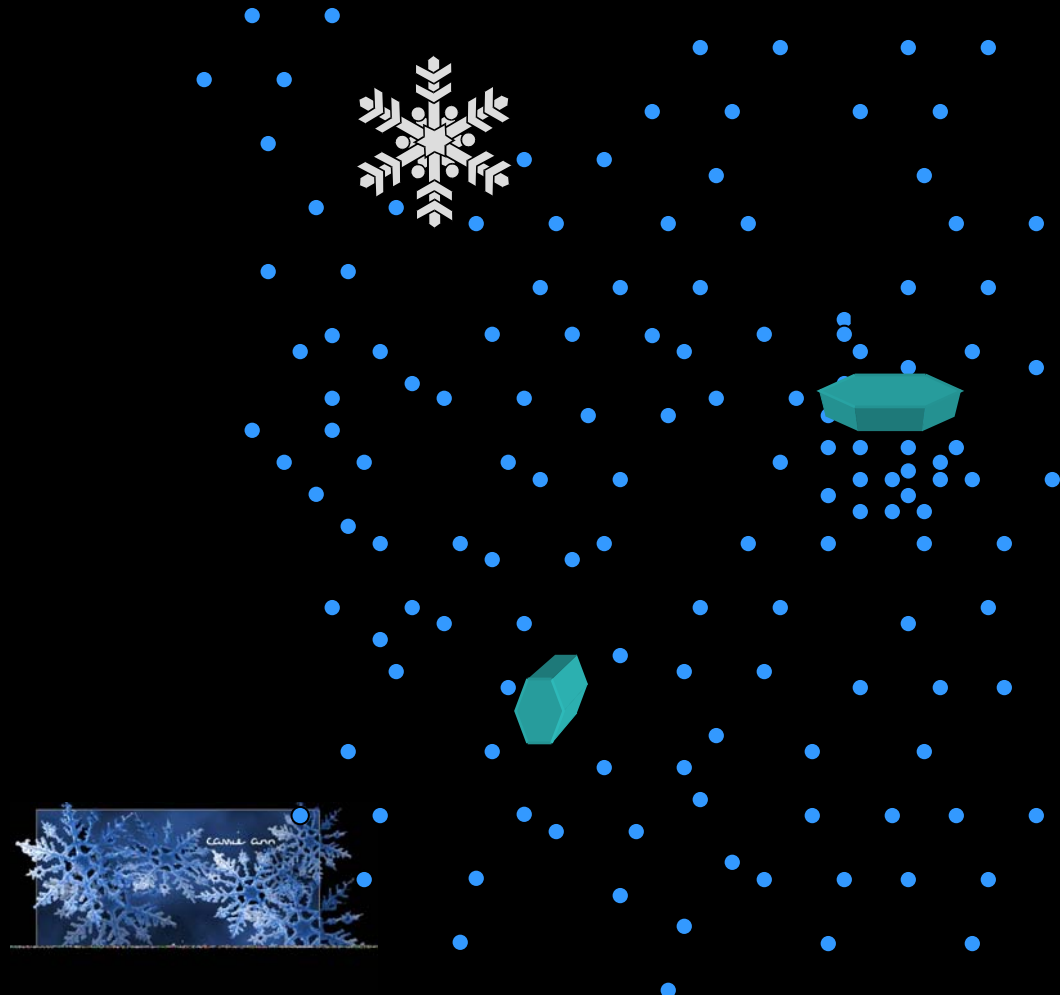
CP



capped  
column



# Wszystko zaczyna się w chmurach...



# Wszystko zaczyna się w chmurach...

- Gdy temperatura w chmurze jest bliska punktu zamarzania lub niższa, a chmura jest przepelniona wilgocią, zaczynają formować się śnieżne kryształy
- Często formują się one na cząstkach pyłów – para wodna osiada na nich, a częściowo podtopione kryształki lodu w temperaturze powietrza  $> -5^{\circ}\text{C}$  łatwo łączą się ze sobą w większe płatki
- Różnorodność śnieżnych płatków związana jest z różną zawartością wilgoci w chmurach i panująca temperatura podczas ich formowania.

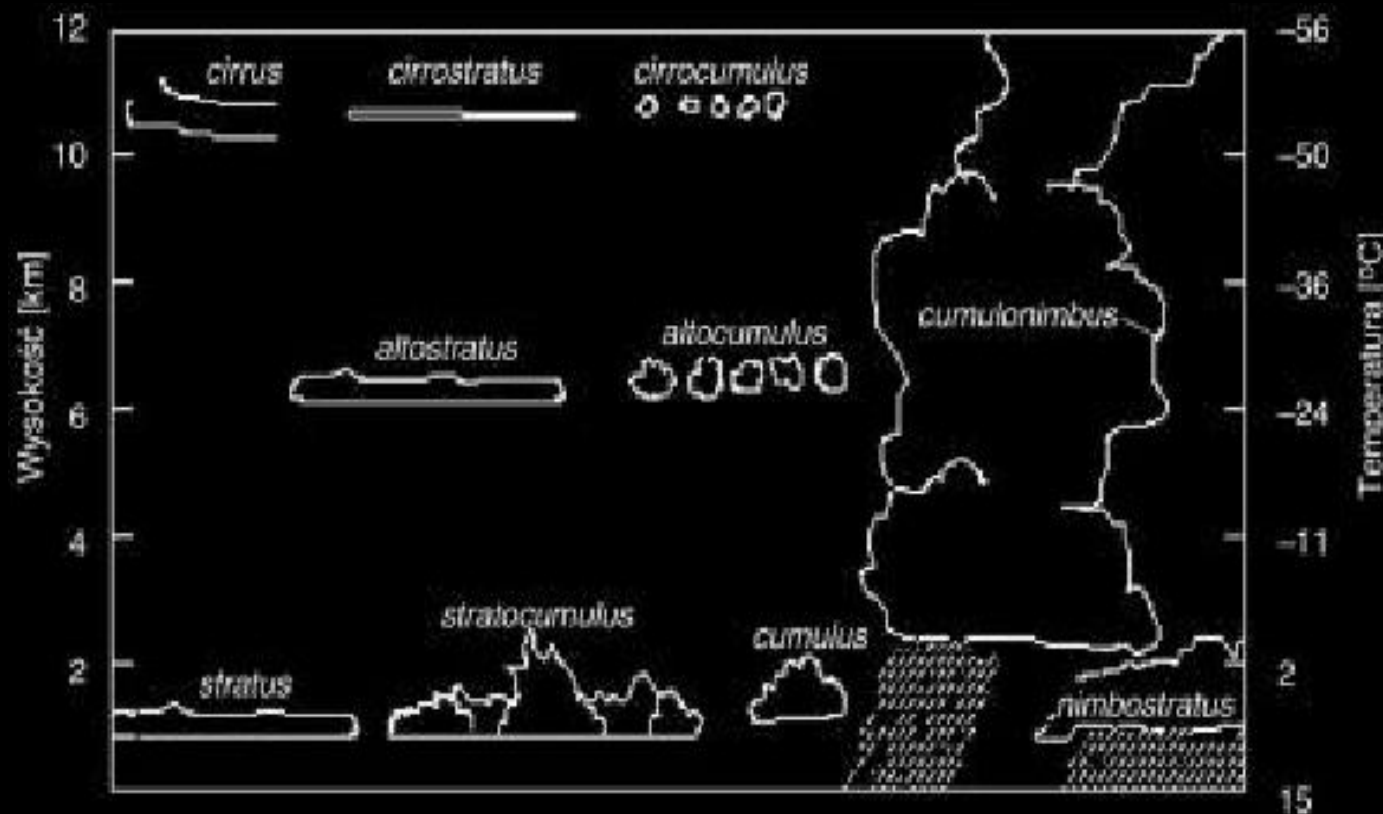


# Wszystko zaczyna się w chmurach...

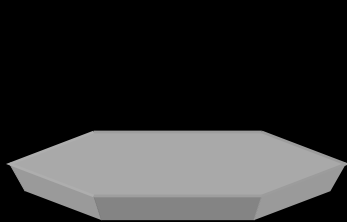


Śnieg powstaje zwykle w chmurach:

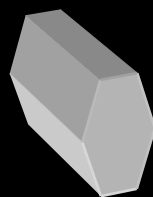
- Altostratus,
- Nimbostratus,
- Cumulonimbus



# Czy istnieją dwa identyczne płatki śniegu?



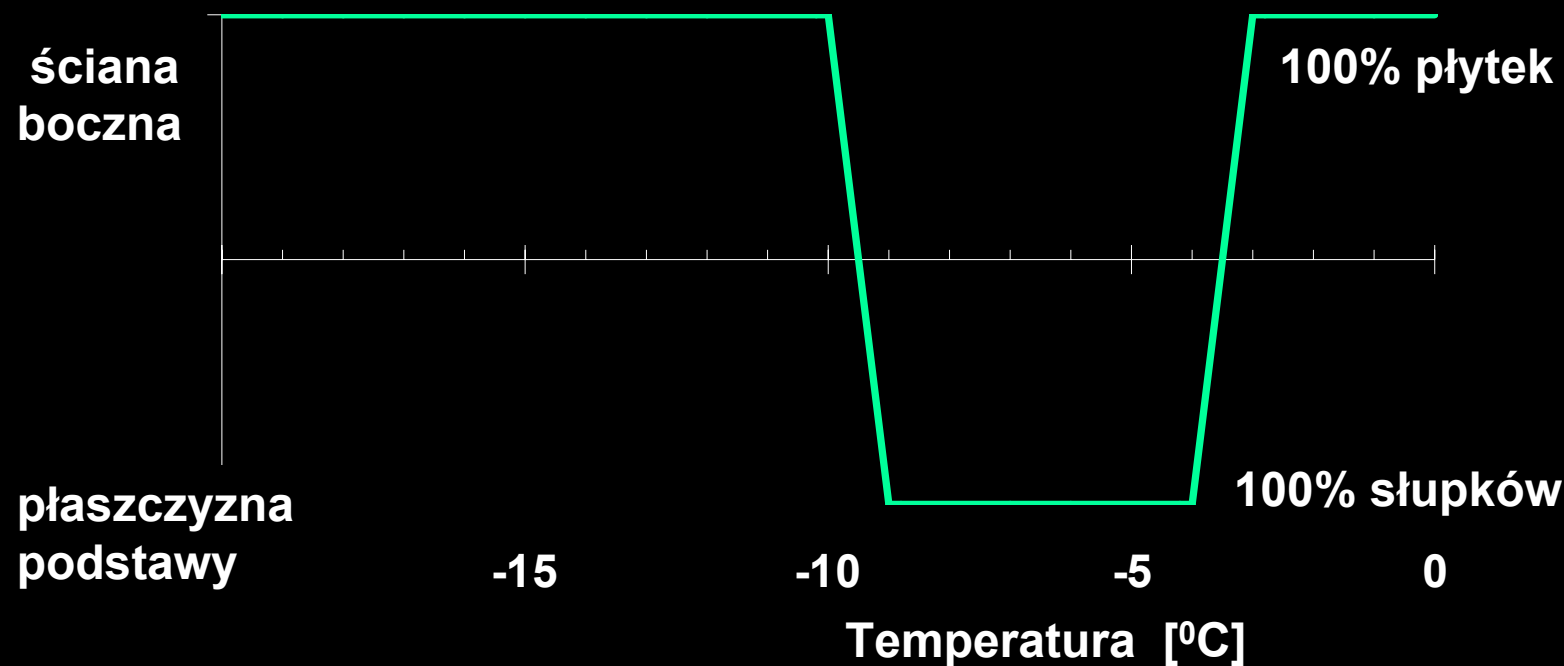
Oś a



Oś c

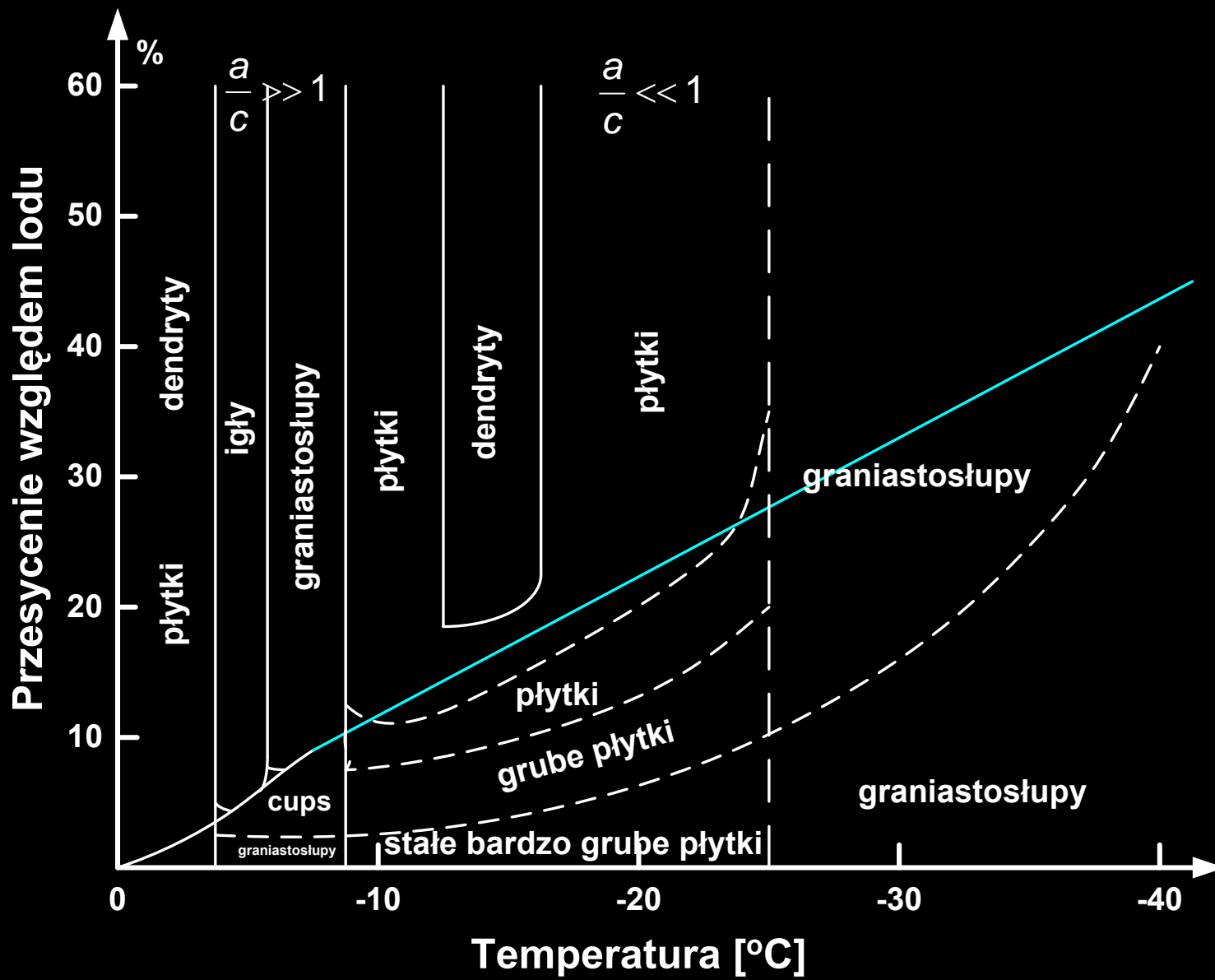
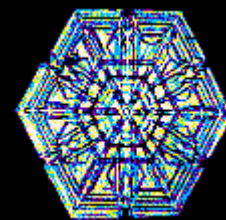


Oś a

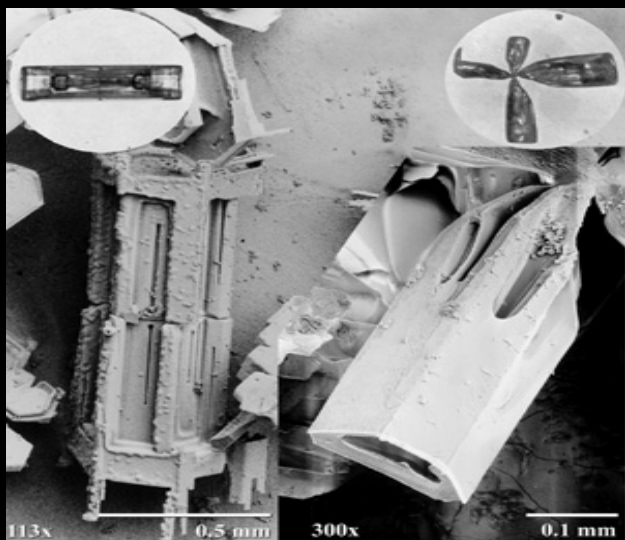


Złożoność kształtów kryształków śniegu wynika z faktu, że ich wzrost bardzo silnie zależy od zewnętrznych warunków  
⇒ Kształt tychże kryształków jest odzwierciedleniem historii ich "życia"

# Morfologia płatków - diagram



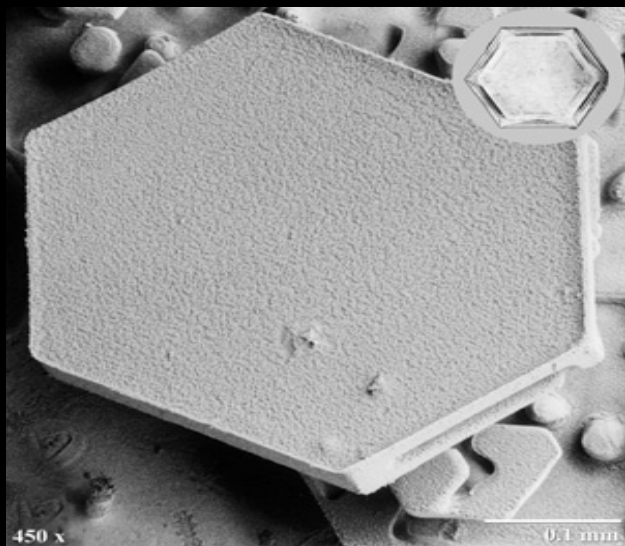
# Prawdziwe oblicze płatków śniegu...



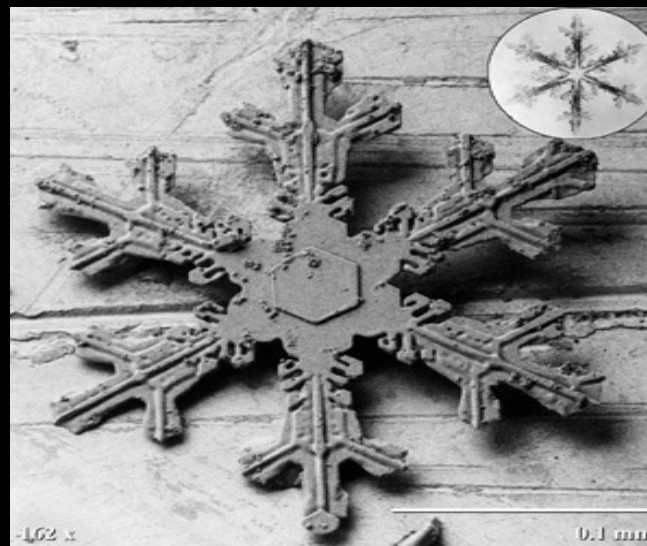
**SŁUPKI**



**IGŁY**



**PŁYTKI**

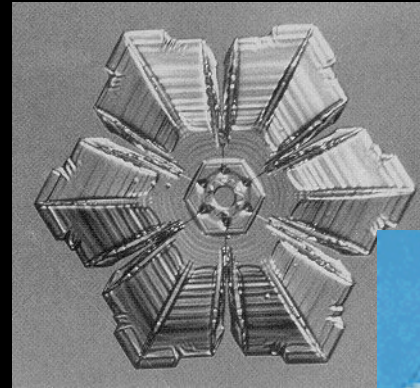


**DENDRYTY**

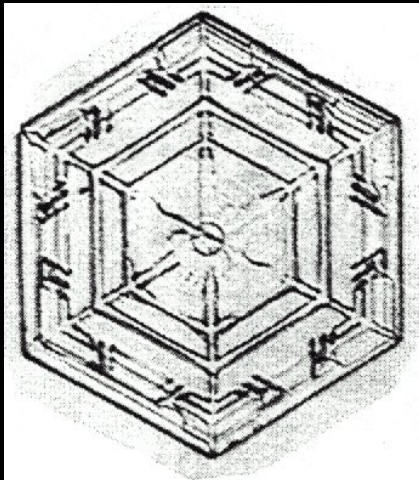
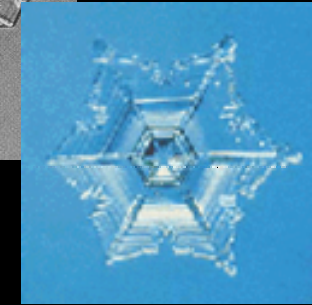
# Prawdziwe oblicze płatków śniegu...



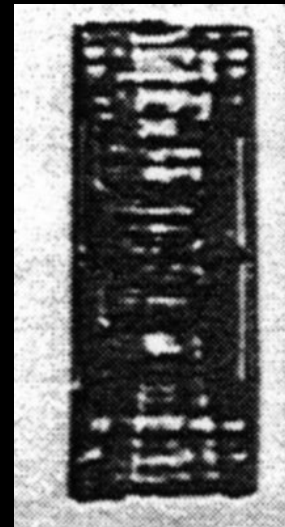
**dendrytyczne**



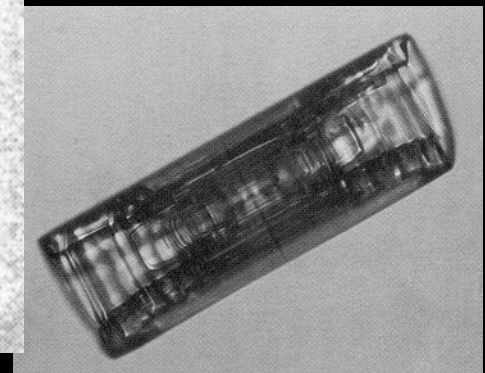
**o szerokich  
rozgałęzieniach**



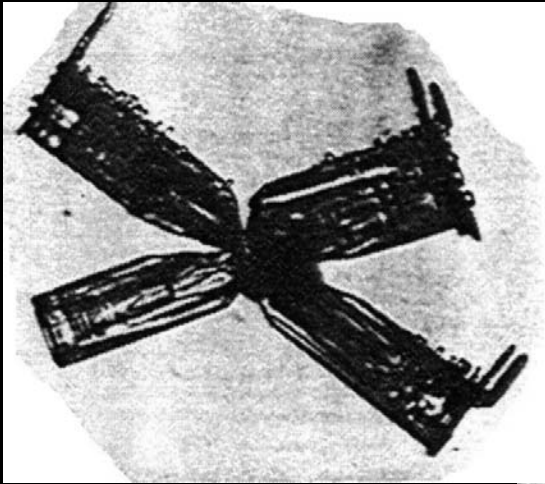
**płytkowate**



**słupkowate**



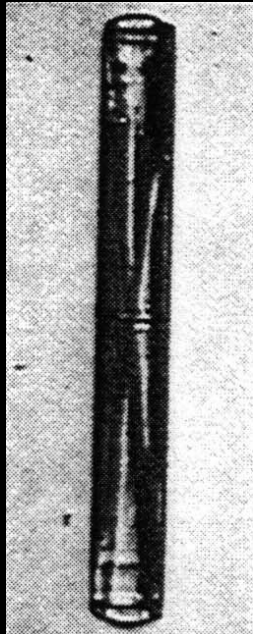
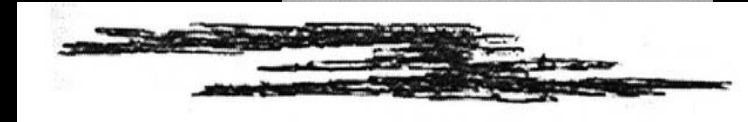
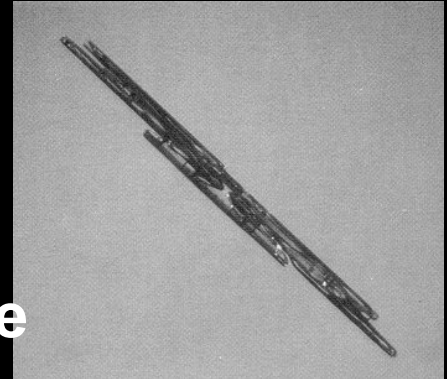
# Prawdziwe oblicze płatków śniegu...



o kształcie pocisku

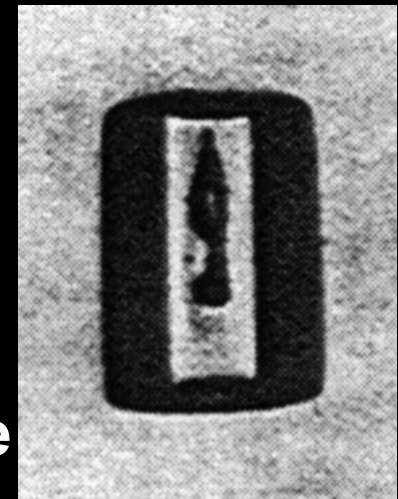


igłowate



pochewkowy

kolumnowe





# Wzrost płątka śniegu



Podczas opisu proces należy uwzględnić:

- **Dyfuzję**
  - molekuly wody muszą przebyć w powietrzu pewna drogę zanim dotrą do powierzchni kryształka
- **Fizykę powierzchni**
  - wydajność, z jaką molekuly wody wbudowują się w sieć kryst.

1. tworzy się heksagonalny kryształek śniegu
2. w miarę jego wzrostu naroża rosną najszybciej
3. Stwarza to możliwość tworzenia się ramion

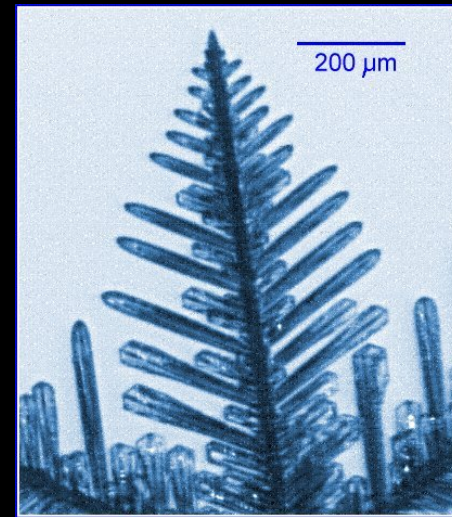
**Wpływ efektów:**

- W przypadku małych kryształków – efektem dominującym jest ef. powierzchniowy
- W przypadku większych kryształków większą rolę zaczyna odgrywać dyfuzja

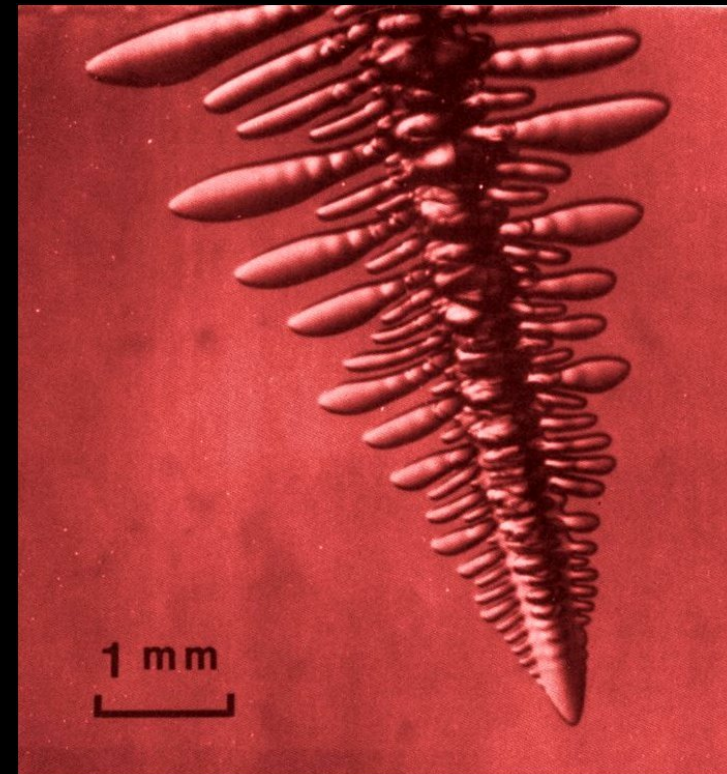


# Wzrost płatka śniegu


- Naukowców zainteresowały zwłaszcza kryształy dendrytyczne
- Pionierem prac nad mechanizmem ich wzrostu był Glicksman w latach '70.
- Tworzenie kryształów o kształcie dendrytycznym jest uwarunkowane przez mechanizm dyfuzyjny, a także przez wiele dodatkowych czynników



x



- Idealnie paraboliczny kształt końcówki



*„There is no material of engineering significance that displays the bewildering complexities of snow“*

*D. M. Gray, D. H. Male; Handbook of Snow*

# Kilka śnieżnych ciekawostek...

- Więcej śniegu spada każdego roku w południowej Kanadzie i na północy Stanów Zjednoczonych, aniżeli na biegunie północnym
- Duże płatki śniegu mogą mieć do 5,1[cm] i zawierać setki pojedynczych kryształków
- Największy płatek śniegu, jaki został kiedykolwiek znaleziony miał około 25 [cm] i spadł on w Bratsku na Syberii w 1971
- Lodowy rdzeń o długości 365 [m] może dostarczyć naukowcom informacje o klimacie, jaki panował 1400 lat temu
- Najbardziej obfite opady śniegu miały miejsce w Silver Lake 1,9[m]/24 h
- Największa burza śnieżna szalała w Mt. Shasta Ski Bowl (13-19.02.1959) gdy to spadło 4,8 [m]
- I z nieco innej bajki ...  
... w Niemczech żaby kiedyś były trzymane w domach, ze względu na fakt, że znacznie głośniej rechotały, gdy spadało ciśnienie powietrza i nadchodziła zmiana pogody (żywe barometry)



# Po co nam właściwie śnieg?



- spełnia w przyrodzie rolę w kształtowaniu:
  - bilansu promieniowania słonecznego,
  - wypromieniowania Ziemi,
  - bilansu cieplnego atmosfery i podłoża,
- A także w kształtowaniu:
  - pogody,
  - klimatu,
  - stosunków wodnych na określonych obszarach
  - a nawet w kształtowaniu warunków zdrowotnych!
- Kształtowanie się regionalnych zasobów wodnych w śniegach i lodach, a potem ich zmiany są zależne od procesów atmosferycznych w skali planetarnej.

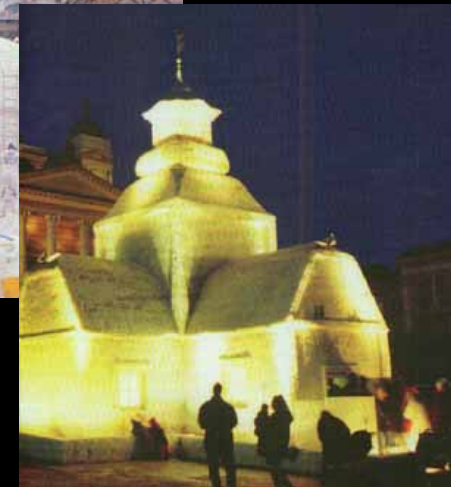
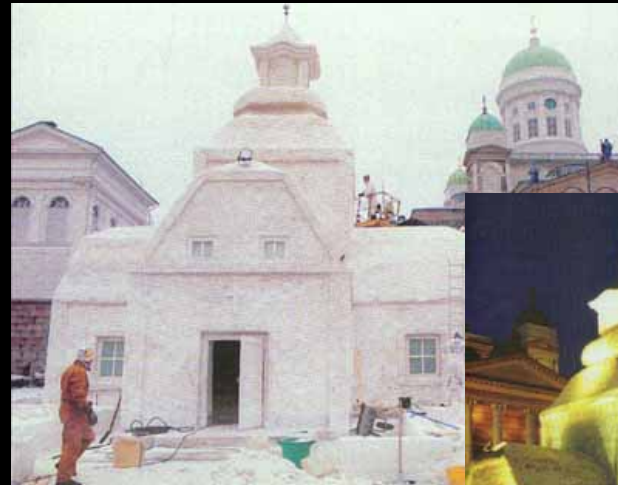


# O śniegu z innej strony... 😊



... czyli nie tylko bałwanki ...

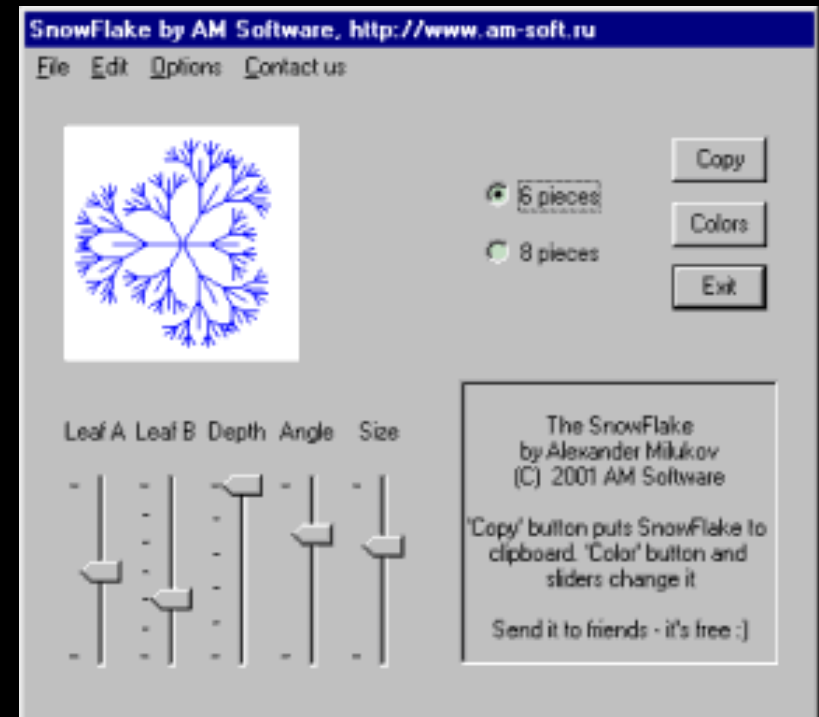
- Kościół Ulriki Eleonory (Helsinki, Finlandia, 1997)



- Pałac śnieżny (Kemi, Finlandia) –
  - wys. 17[m];
  - dł. ścian 1100[m];
  - pow. 13 500 [m<sup>2</sup>]

# Śnieżynki z przymrużeniem oka 😊

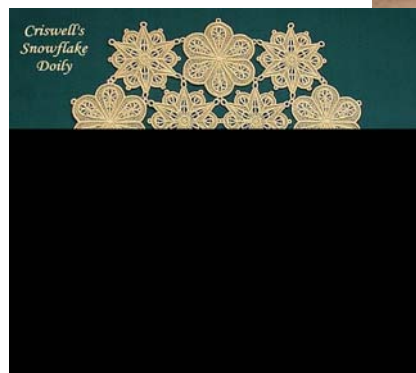
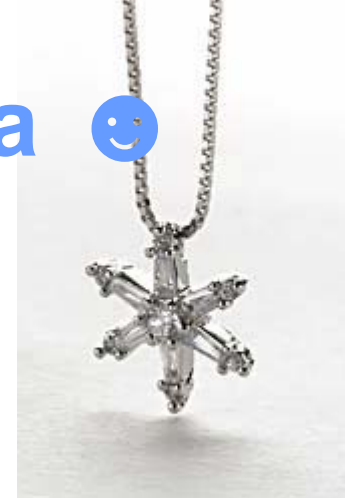
- Freeware Snowflake by Alexander Milukov



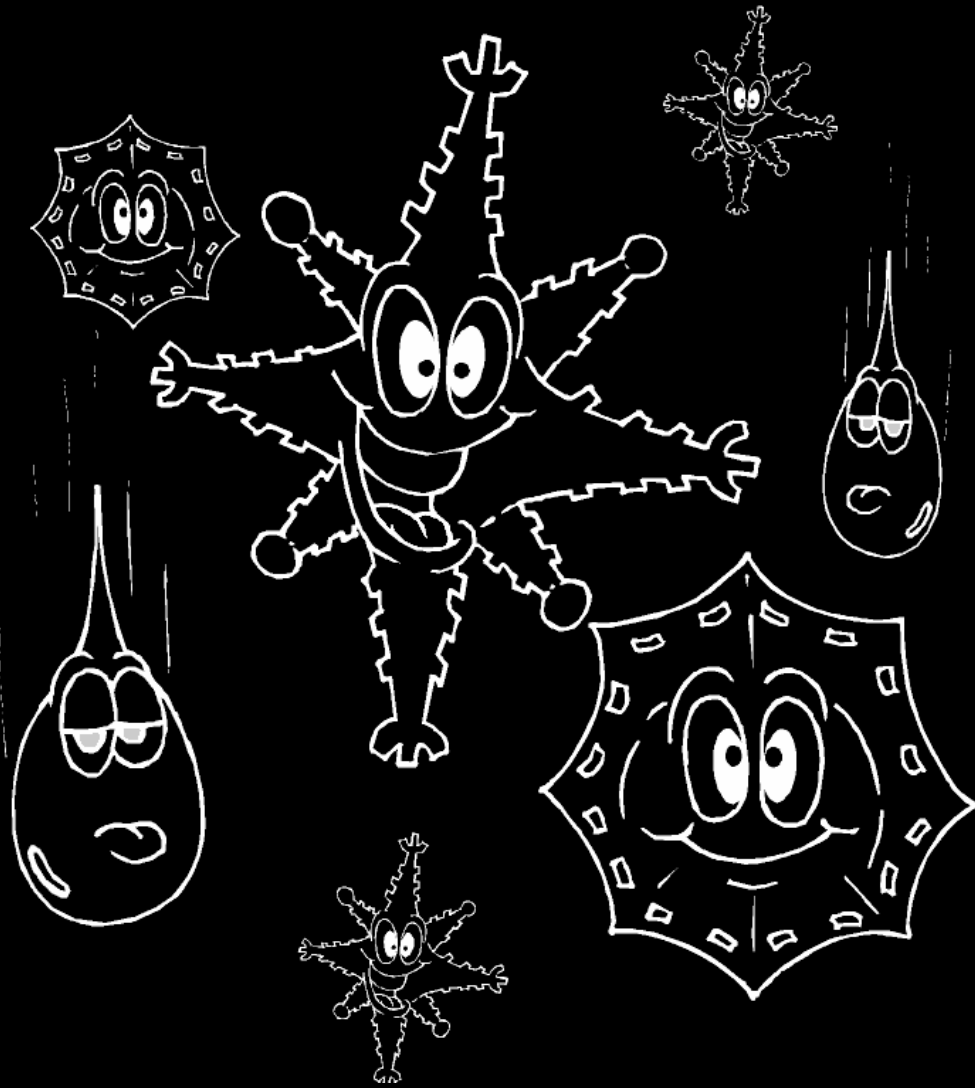
# Śnieżynki z przymrużeniem oka 😊



#J22 Snowflake Jacket







*„Snow crystals are  
the hieroglyphs sent  
from the sky”*

*Nakaya, 1954*

# Literatura

- Kosiba A. - Śniegi, lodowce-lądolody; WSiP; W-wa, 1978;
- Bentley W.A. Photographing Snowflakes. Popular Mechanics Magazine, 37, 1922, 309-312.
- Blanchard D.C., Wilson Bentley, the Snowflake Man. Weatherwise, 23(6), 1970, 260-269.
- Ryan B.F., Wiehart E.R., Shaw D.E., *J. Atmos. Sci.*, **33**, 1976, 842-850
- Monastersky, R. 1989. Cloudy concerns. Science News 136(7):106-110.
- <http://www.snowflakebentley.com/index.htm>
- <http://www.snowflakebentley.com/index.htm>

