

## Wokół nas



## Zjawiska atmosferyczne

**Chmury** składają się z miliardów maleńkich kropelek wody i kryształków lodu. Pojedyncze kropelki tworzące chmurę powstają wtedy, gdy wilgotne i ciepłe powietrze staje się w wyniku wędrówki ku górze na tyle chłodne, że zawarta w nim para wodna ulega skropleniu. Kropelki, początkowo małe, zbierają się wokół pyłków kurzu oraz innych mikroskopijnych cząstek. Wznosząc się wraz z prądami powietrza, kropelki zderzają się i łączą ze sobą tworząc stopniowo większe krople. Jeśli chmura wejdzie w strefę ciepłego powietrza to wyparowuje.



**Deszcz** powstaje gdy łączące się kropelki chmury na wskutek wzajemnych zderzeń są na tyle duże, aby pokonać opór powietrza i spaść na Ziemię. Na kropelkę wody w powietrzu bowiem działają dwie siły: ciężkości i oporu powietrza. Dla małych kropelek siły te równoważą się przy bardzo małych prędkościach, czym większe są kropelki wody to równowaga zachowana jest przy większych prędkościach. Niektóre krople deszczu powstają w inny sposób. Początkowo znajdują się w górnej, zimnej części chmur, gdzie mają postać śniegu lub kryształków lodu, po czym, gdy znajdą się w zalegającym niżej ciepłym powietrzu, topnieją i spadają na ziemię jako deszcz. Prawdopodobnie co najmniej połowa opadów deszczu powstaje w ten sposób. Najmniejsze krople deszczu, określane jako **mżawka**, opadają na ziemię tak powoli, że wydają się stać w powietrzu. Największe krople mają prawie 6 mm średnicy i spadają z prędkością 8 m/s.



**Grad** powstaje gdy drobne kropelki wody znajdujące się w górnej zimnej części chmur, zamarzają, tworząc grudki lodu. Mogą mieć one duże rozmiary. Rosną bowiem oblepiane kropelkami wody, które natychmiast zamarzają.

**Rosa** tworzy się po ciepłym dniu gdy po zmroku powierzchnia Ziemi ochładza się. Nasycone parą wodną powietrze spotyka się z chłodniejszą powierzchnią np. liści lub trawy. Jeśli temperatura spadnie poniżej punktu rosy (temperatura, w której para wodna w powietrzu nasycy się) to wówczas para wodna ulega skropleniu.

**Szron** powstaje gdy punkt rosy przypada poniżej punktu zamarzania czyli poniżej 0°C.

Jeśli przy temperaturze poniżej 0°C nasycone parą wodną powietrze styka się z przedmiotami ochłodzonymi para wodna przechodzi bezpośrednio ze stanu gazowego w drobne kryształki (igielki) lodu. Jest to proces resublimacji. Kryształki mogą rosnąć po połączeniu i czasami tworzą delikatne pierzaste kształty.

**Szadź** jest to zamrożona rosa. Występuje ona jeśli rosa powstanie, zanim temperatura opadnie poniżej 0°C, a następnie zamarza.

**Mgła** podobnie jak szron i rosa, tworzy się w powietrzu nasyconym parą wodną. W pewnych warunkach, zależnych między innymi od temperatury powietrza, para skrapla się, tworząc drobne kropelki. Są za małe i za lekkie, aby mogły spaść na ziemię tak, jak kropelki tworzące chmurę. Mgła jest więc chmurą znajdującą się przy powierzchni Ziemi. Powstaje też przy zetknięciu się cieplej masy powietrza z zimną lub przez ochłodzenie się wilgotnego powietrza wznoszącego się w górę wzdłuż stoków gór.



## Powstawanie płatków śniegu

**Śnieg** to zlepki kryształków lodu powstające w wyniku bezpośredniej zmiany pary



wodnej zawartej w powietrzu w lód. Zachodzi tu więc zjawisko resublimacji. Kryształ lodu dzięki tak zwanych **wiazaniach wodorowych ma strukturę heksagonalną**. Jego komórka elementarna (najmniejszy fragment powtarzający się w sieci krystalicznej) ma kształt graniastosłupa o podstawie sześciokąta. Stąd kryształy lodu mają sześciokrotną oś symetrii co przesądza o kształcie płatków śniegu.

Płatki śniegu powstają w chmurach, gdzie znajduje się duże nasycenie pary wodnej. Gdy temperatura staje się ujemna i znajdzie się jakieś centrum krystalizacji na przykład drobinka kurzu lub pyłek kwiatowy i to na nim rozpoczyna się kondensacja cząsteczek wody i tworzenie kryształu (woda destylowana właśnie z powodu braku drobnych zanieczyszczeń może być w stanie ciekłym nawet w temperaturze  $-40^{\circ}\text{C}$ ).

Tworzące się płatki mogą mieć, zależnie od temperatury i wilgotności powietrza różne kształty.



Zazwyczaj są to sześcioramienne symetryczne gwiazdki. Mogą też mieć kształt płaskich sześciokątnych płytek, igiełek, słupków, krążków, a czasem nieregularnych brył. Najpierw wszystkie kryształki lodu rosną tak samo, formując sześcią formę. W czasie podróży płatka śniegu w kierunku powierzchni ziemi zmienia się zarówno wilgotność, jak i temperatura otoczenia. Na wystających krawędziach mogą się



tworzyć nowe kryształy inaczej ustawione w przestrzeni niż wcześniejsze formy. Taki proces może zajść nawet kilka razy od chwili powstania płatka śniegu do momentu, w którym dotknie on gruntu, dlatego płatki śniegu mogą mieć bardzo złożone kształty. Zachowana jest jednak symetria bowiem odległość pomiędzy ramionami śniegowej gwiazdki jest na tyle mała, że każde z ramion rośnie praktycznie w tej samej temperaturze i wilgotności, a to oznacza, że rośnie w identyczny sposób. Ponieważ wszystkie powstające kryształy tworzą heksagonalną (sześciokątną) sieć krystaliczną to mają sześciokrotną oś symetrii.

W bardzo niskich temperaturach, poniżej  $-20^{\circ}\text{C}$  brak jest w padającym śniegu znaleźć



wymyślnych kształtów podobnych do gwiazdek. Na ziemskich biegunach pada śnieg w kształcie kolumnienek czy płaskich płytek o podstawie sześciokąta. Największe i najpiękniejsze śnieżynki powstają w przedziale temperatur od  $-10^{\circ}\text{C}$  do  $-20^{\circ}\text{C}$  przy dużej wilgotności powietrza. W takich warunkach przyjmują one formę niewielkich płatków o rozmiarach od 2 do 4 milimetrów. Generalnie, im wyższa wilgotność, tym



kryształki lodu mają bardziej złożone kształty. Gdy płatki śniegu rozpoczęły życie w warunkach dużej wilgotności, a potem kontynuowały swój rozwój, gdy wody w powietrzu było znacznie mniej to na początku kształty mają złożone kształty a wraz z oddalaniem się od środka kryształka upraszczają się. Z kolei gdy rosnący kryształek z bardziej suchego powietrza wpadnie w obszar wilgotniejszego, to im dalej od jego środka (od załączka płatka), tym wzór będzie bardziej złożony. Gdy temperatura wynosi około  $-5^{\circ}\text{C}$ , a wilgotność stosunkowo wysoka śnieg ma kształt igieł o przekroju sześciokątnym, często krzyżujących się lub pozlepianych ze sobą.

Nie ma dwóch takich samych płatków śniegu, bowiem nawet dla powstałych w bezpośrednim sąsiedztwie płatków droga na ziemię nigdy nie będzie taka sama. Tak więc wpływ zmiany temperatury i wilgotności na każdy z nich będzie inny. Poza tym dla każdego płatka inne może



być centrum kondensacji, do którego przyczepiły się pierwsze cząsteczki wody. A od kształtu i wielkości tego centrum zależą pierwsze chwile formowania się płatka śniegowego. Drugim powodem jest to, że wodór i tlen występują w naturze w różnych odmianach. Niektóre cząsteczki wody może



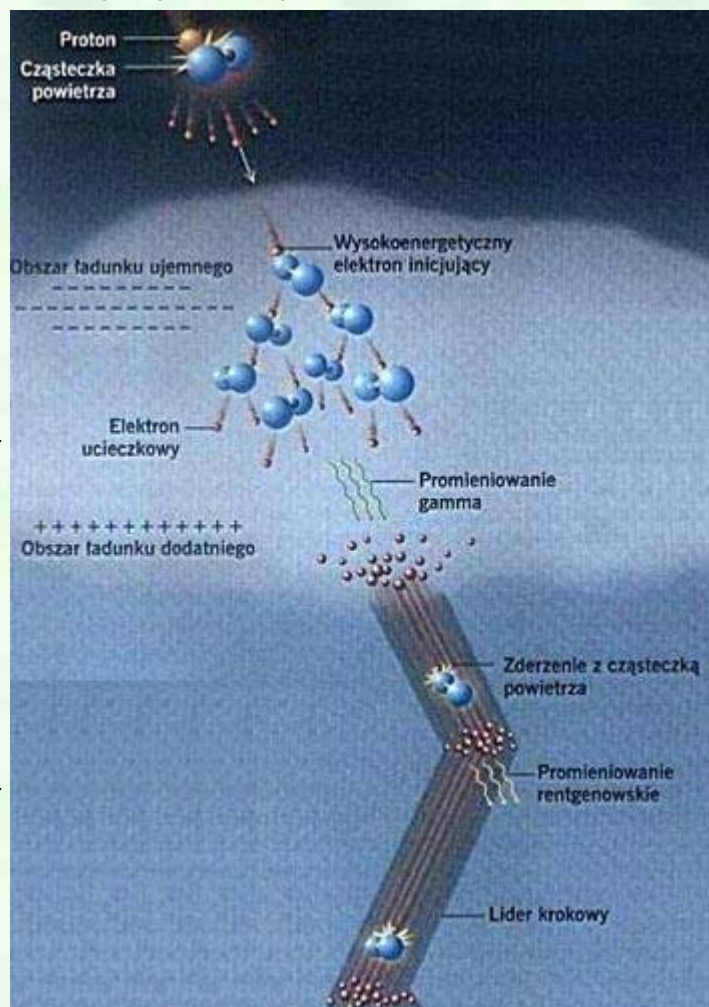
tworzyć zamiast zwykłego wodoru deuter, a zamiast tlenu  $O^{16}$  jego izotop  $O^{18}$ .  
 Przy opracowaniu tematu najczęściej korzystano z następujących publikacji:  
 Podręcznik dla gimnazjum wydawnictwa "Nowa Era"  
 Artykuł z numeru 2/2006 czasopisma "Wiedza i Życie"  
 Strona internetowa: <http://www.its.caltech.edu/~atomic/snowcrystals/>

## Jak powstaje burza?



Powietrze w górnych warstwach atmosfery jest o wiele zimniejsze niż przy powierzchni Ziemi. Ciepłe powietrze jest lżejsze od zimnego, więc unosi się do góry. W trakcie wznoszenia powietrze się rozpręża i ochładza się. Wznoszące się powietrze w trakcie rozprężania staje się chłodniejsze od otoczenia, a więc cięższe i opada na dół. Inaczej przebiega ten proces, gdy wznoszące się powietrze zawiera dużo pary wodnej. W miarę ochładzania się powietrza, zawarta w nim para wodna kondensuje się, czyli skrapla. Podczas skraplania wydziela się dużo ciepła (tyle samo, ile należało dostarczyć, aby woda wyparowała). Uwalniające się ciepło powoduje, że powietrze wilgotne stygnie wolniej i jest stale cieplejsze, a więc lżejsze od otoczenia. Ten mechanizm powoduje, że w obszarze burzy powietrze bardzo gwałtownie wznosi się do góry i osiąga wysokość powyżej 15 km. Na tej wysokości temperatura jest bardzo niska i wynosi około  $-60^{\circ}\text{C}$ , więc skondensowane kropelki wody zamieniają się w lód, stopniowo łącząc się z sobą i tworząc coraz większe kryształy. Gdy cząsteczki lodu stają się zbyt wielkie, zaczynają spadać, pociągając za sobą w dół zimne powietrze. W trakcie opadania cząsteczki lodu topnieją i z chmury zaczyna padać deszcz. Ponadto stosunkowo chłodne powietrze, gdy tylko dotrze do powierzchni Ziemi, zaczyna rozchodzić się na boki. Dlatego zwykle przed burzą wieje chłodny wiatr.

**Piorun** w pewnym sensie przypomina olbrzymią iskrę elektryczną. Zwykła iskra powstaje przykładowo, kiedy po przejściu paru kroków po dywanie chwytny za klamkę. Buty trąc o dywan, zbierają zeń elektrony. Zgromadzony na ciele ładunek elektryczny jest źródłem pola elektrycznego, co sprawia, że między człowiekiem a dowolnym przedmiotem powstaje różnica potencjałów. Jeśli pole jest słabe to powietrze zachowuje się jak dobry izolator. Ale kiedy dłoń zbliżamy się do klamki napięcie lokalnie wzrasta. Gdy osiągnie wartość krytyczną, zwaną napięciem przebicia wynoszącą około 3 mln V/m, powietrze staje się przewodnikiem i następuje wyładowanie: między palcem a klamką przepływa prąd. Podczas burzy ładunki gromadzą się w podobny sposób. Rolę butów i dywanów spełniają drobiny lodu i kropelki pary wodnej, które przemieszczają się w chmurze. Nadal nie wiadomo jednak na czym dokładnie polega ten mechanizm. Drobiny zderzają się ze sobą i wymieniają ładunki, przez co przestają być obojętne. Dzięki prądom wznoszącym i grawitacji ładunki następuje separacja czyli rozdzielanie ładunków. Ładunki ujemne gromadzą się na dole chmury, a dodatnie na górze. Ujemny ładunek na dnie chmury



staje się na tyle duży, że napięcie pomiędzy Ziemią a chmurą dochodzi do 100 000 000 V. Ziemia wprawdzie też ma ładunek ujemny, ale jest on tak mały wobec olbrzymiego ładunku ujemnego dołu chmury, że względem chmury Ziemia jest naładowana dodatnio.

Olbrzymie napięcie między chmurą a Ziemią wytwarza pole o natężeniach wynoszących tylko 200 tysięcy V/m, a więc jest to pole za małe, aby wyzwolić przepływ ładunku podobnego do iskry, która przeskakuje, gdy dotyka się klamki. Powstawanie pioruna jest bardziej złożone i nie do końca wyjaśnione. Najnowsza hipoteza powstawania wyładowań nazywana jest przebiegiem z elektronami ucieczkowymi. Zauważono, że elektrony poruszające się z prędkościami bliskimi prędkości światła podczas zderzeń z cząstkami powietrza tracą mało energii i są przyspieszane przez pole elektryczne. Do rozpoczęcia procesu wyładowania potrzebne są więc szybkie elektrony. Naukowcy twierdzą, że czynnikiem inicjującym wyładowanie może być **promieniowanie kosmiczne**, czyli wysokoenergetyczne cząstki lecące z przestrzeni kosmicznej, ewentualnie cząstki o dużej energii, powstałe z rozpadów jądrowych w atmosferze. Taka szybka cząstka zderza się w chmurze z cząsteczką powietrza (zazwyczaj tlenu lub azotu), początkując deszcz superszybkich elektronów. Elektrony te uderzają o cząstki powietrza wybijając z nich następne szybkie elektrony zwane elektronami ucieczkowymi. Pole elektryczne istniejące między chmurą a ziemią przyspiesza elektrony, inicjując lawinę elektronów ucieczkowych, które są źródłem rozbłysków **gamma**. Elektrony tworzą na swej drodze kanał zwany **liderem krokowym** lub **prekursorem**. Na każdym z odcinków elektrony gromadzące się w czole lidera są źródłem silnego, lokalnego pola, które przyspiesza więcej elektronów ucieczkowych. Następnie wyhamowują na skutek zderzeń z cząsteczkami powietrza emitując **promieniowanie rentgenowskie**. Znowu na czole gromadzi się dużo elektronów i proces powtarza się wielokrotnie, aż lider krokowy, który może się wielokrotnie rozgałęziać, dotrze do ziemi. Trwa to zaledwie kilka ułamków sekundy.



Kiedy lider połączy ziemię i chmurę w powstałym zjonizowanym kanale zaczyna płynąć prąd o dużym natężeniu i zgodnie z prawem Joule'a wydziela się ciepło. Powietrze rozgrzewa do temperatury sięgającej 30000°C. Powoduje to potężny **błysk**, a powietrze rozgrzane do bardzo wysokiej temperatury gwałtownie się rozpręża i powstaje **grzmot**. Stąd huk jak przy wystrzale. Podczas przepływu błyskawicy, powietrze na swojej drodze na ułamek sekundy zmienia się w **czwarty stan materii zwany plazmą**. Prąd płynący w **błyskawicy** ma natężenie w szczycie od 2000A do 200 000 A. Wzrasta on do maksymalnego w czasie zaledwie 10 mikrosekund. Całe wyładowanie trwa od 0,02 do 0,05 sekundy. Takich kolejnych uderzeń może być wiele (zaobserwowano do 42 błyskawic na tym samym torze), zawsze jednak następują one bardzo szybko po sobie. Potem chmura zaczyna się ponownie ładować przez co najmniej 5 s i proces może nastąpić ponownie.

Na całej kuli ziemskiej uderza co minutę około 6000 piorunów, najczęściej w rejonach tropikalnych. Najczęściej długość pioruna waha się w granicach kilometra, ale spotkano także takie, które miały więcej niż 10 km (rekordzista mierzył nawet 150 km). Zwykły piorun nazywany jest piorunem liniowym. Znane są również pioruny międzymurowe. Najbardziej tajemnicze są **pioruny kuliste**. Ładunki elektryczne najchętniej gromadzą się na wszelkiego rodzaju ostrzach. Dlatego największe prawdopodobieństwo jest uderzenia pioruna w ostry wystający przedmiot. Na tej zasadzie działają odgromniki, zwane potocznie piorunochronami.

Przebywanie w czasie burzy wiąże się z niebezpieczeństwem porażenia. Nie tylko bezpośrednio ale także w pewnej odległości od miejsca uderzenia. Po uderzeniu ładunek spływa do ziemi i powierzchnia wokół punktu uderzenia ma pewien potencjał, malejący z odległością. Podczas poruszania się człowieka pojawia różnica potencjałów między jedną nogą a drugą, zwana napięciem krokowym, może doprowadzić do porażenia. Najczęściej piorun uderza w drzewa, wzgórza i wysokie obiekty (np. budynki). Dlatego najgorszym miejscem do schronienia się przed burzą jest wysokie, odosobnione drzewo. Trzeba poszukać obniżenia terenu z daleka od przedmiotów metalowych. Warto zostać w samochodzie, gdyż jest on swojego rodzaju puszką Faradaya. Ładunki bowiem gromadzą się jedynie na zewnątrz przedmiotu metalowego, więc w razie uderzenia pioruna w samochód, prąd spłynie po karoserii, nie wnikając do wnętrza. Osoby przebywające w większej grupie powinny się rozproszyć. Podczas burzy bezpiecznie jest w budynku, jaskini, kanionie. Ryzykowne jest pozostawanie w wodzie i na wodzie w łódce.

Przy opracowaniu tematu korzystano z następujących materiałów:

Podręcznik fizyki dla gimnazjum wydawnictwa Nowa Era, moduł trzeci, Świat Nauki nr 6/2005,