

Lato to pora, gdy na naszej półkuli pojawia się znaczna ilość burz. Jednych grzmoty i świetlne efekty na niebie przerażają, a dla innych to fascynujący spektakl przyrody. Na całej kuli ziemskiej uderza co minutę około 6000 piorunów. Najwięcej w rejonach tropikalnych.

TEKST
LATWY

PIORUNY, PIORUNY, PIORUNY

Jest kilka rodzajów piorunów, a tylko jeden z nich osiąga ziemi – to tak zwany **piorun linowy** pojawiający się na niebie w postaci długich rozgałęzionych błyskawic.

W K

Pioruny i błyskawice

Inne przebiegają pomiędzy chmurami, czasem nawet na długości kilkudziesięciu kilometrów. Nazywano je po prostu **piorunami międzochmurowymi**.

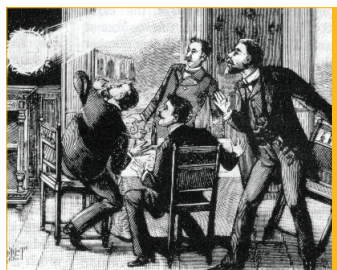
Niedawno zaobserwowane, tak zwane **krasnoludki** lub **duszki** (ang. sprite), rozbłyskują ponad powłoką chmur. Mogą swoim zasięgiem objąć obszar do 10000 m³. Duszki przypominają wyglądem duże czerwone „meduzy” z zielonymi mackami skierowanymi do dołu. Sięgają wysokości 90 km w górę. Pojawiają się bezpośrednio po zwykłym wyładowaniu, ale nie po każdym. Ludzkie oko nie zawsze może je dostrzec, a obserwacje prowadzone za pomocą przyrządów elektronicznych z samolotów i wież me-

teologicznych nie zawsze były skuteczne, ze względu na występujące podczas wyładowań zaburzenia pól elektromagnetycznych. Ponad chmurami pojawiają się też pionowe wyładowania, o wiele słabsze od elfów. **Dzety** to błękitne stożki sięgające 36 km w górę,

trzu. Mogą wpaść przez otwór do pomieszczeń, wlecieć przewodem wentylacyjnym, po czym wypłynąć bezgłośnie innym otworem. Czasem pękają z hukiem lub na trasie swojej wędrówki pozostawiają osmalone ślady. Jednak to piękne zjawisko może być śmiertelnie niebezpiecz-

przemieszczające się z prędkością 100 km/s. Widoczne za pomocą bardzo czułych kamer. Ich natura nie jest zbadana.

Pioruny perełkowe i łańcuchowe przypominają kształtem sznur świetlistych pereł lub ognisty łańcuch, tak jakby rozczłonkowaną błyskawicę liniową.



Piorun kulisty

Najdziwniejsze są **pioruny kuliste**. Są to skupiska, jak sama nazwa wskazuje, w kształcie kul, jaskrawo świecącego zjonizowanego gazu, o średnicy najczęściej kilkudziesięciu centymetrów. Zwykle świecą żółto, choć spotykano czerwone, pomarańczowe czy nawet o zielonkawym odcieniu. Pojawiają się jakby znikąd i płyną w powie-

ne. Może porazić prądem lub spowodować wyładowania w odbiornikach podpiętych do sieci elektrycznej. Podczas spotkania z piorunem kulistym należy stać spokojnie i nie zbliżać się do niego.

Wyjątkowymi wyładowaniami są tak zwane **ognie św. Elma**. Są to małe i ciche wyładowania atmosferyczne, obserwowane podczas burz w pobliżu przedmiotów o ostrych krawędziach lub zakończeniach (takich jak maszty, anteny czy skały). Powodowane są silnym i nagłym wzrostem natężenia pola elektrycznego wokół tych przedmiotów. W miejscach skupienia ładunków przybierają postać małych świecących iskerek, za dnia ledwo widocznych, nocą zaś dość widowiskowych. Często towarzyszy im syczenie. Ten rodzaj wyładowań można najczęściej zaobserwować na masztach statków. Marynarze przestrzegają ognie św. Elma za dobry znak, mimo iż należałoby je potraktować jako sygnał do ucieczki.

Najczęściej długość pioruna waha się w granicach kilometra, ale spotkano także takie, które miały więcej niż 10 km. Zanotowany rekordzista mierzył nawet 150 kilometrów długości.

Piorun międzochmurowy



MODY
TECHNIK

JAK TO MOŻLIWE?

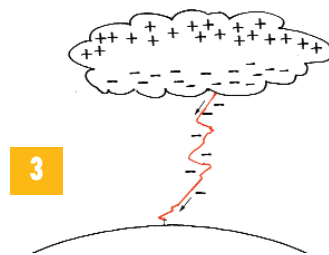
Ale jak to możliwe, że nieprzewodzące prądu elektrycznego powietrze staje się nagle drogą dla pędzących ładunków elektrycznych?

Wyładowania atmosferyczne powstają, gdy w chmurach burzowych zgromadzi się duża ilość ładunków elektrycznych i powstanie różnica potencjałów pomiędzy chmurami a ziemią. W czasie ruchów nagrzanych mas powietrza zawarta w nich para wodna elektryzuje się. Pojawiają się tak zwane centra, czyli aktywne ośrodki niosące znaczne ładunki elektryczne. W chmurze następuje tzw. separacja ładunku. Ładunki ujemne gromadzą się na dole chmury, a dodatnie na górze (jest to jedna z teorii separacji ładunku w chmurze stworzona przez angielskiego fizyka C. Wilsona). Ujemny ładunek na dnie chmury staje się na tyle duży, że napięcie pomiędzy ziemią a chmurą dochodzi do 100 000 000 V. Ma więc wartość kilkuset milionów woltów [V], czyli kilkuset megawoltów [MV]. Nie jest to jednak stała wartość, bo zależnie od panujących w danej chwili warunków atmosferycznych (obfitość

pędzą. W swoim pędzie zderzają się z obojętnymi cząsteczkami gazów, co powoduje wybicie elektronów, a więc powstanie nowych jonów. One też przyspieszają, zderzają się z obojętnymi cząsteczkami. Powstają nowe jony i tak dalej, i tak dalej. W powietrzu powstaje obszar pełen ładunków, powstaje droga dla prądu elektrycznego.

Naukowcy obserwujący burzę na zdjęciach w zwolnionym tempie zauważyli, że wyładowanie zaczyna się jako tzw. zstępujący przewodnik (**prekursor**). Z chmury wysuwa się długi kanał o niewielkiej średnicy, którym bardzo szybko w stronę ziemi splywa ładunek chmury **1**. Pomiędzy kanałem a powietrzem następuje wstępne wyładowanie (o jasności znacznie mniejszej niż znana nam błyskawica), a więc zrównoważenie ładunków.

wanie w jego kierunku. Drugi, dużo jaśniejszy „przewodnik” **2** wyrasta z gruntu, pędząc na spotkanie wypływającego z chmury prekursora. Natężenie pola i jonizacja powietrza są wystarczająco duże, aby takie wyładowanie stało się możliwe. To **wyładowanie powrotne** rozpoczyna się więc z ziemi w kierunku prekursora. Gdy oba prekursory się połączą, powstaje kanał **3** przewodzący prąd. Za pomocą satelity badawczego BS6651 wypuszczonego przez NASA naukowcy zbadali średnie natężenie prądu płynącego przez błyskawicę: może ono wynieść od 2000 A aż do ponad 200000 A ze wzrostem natężenia do maksymalnego w czasie mniej niż 10 mikrosekund. Wówczas niemal wszystkie zgromadzone ładunki przepływają przez kanał-błyskawicę. Po kilku setnych sekundach od zniknięcia uderzenia powrotnego,



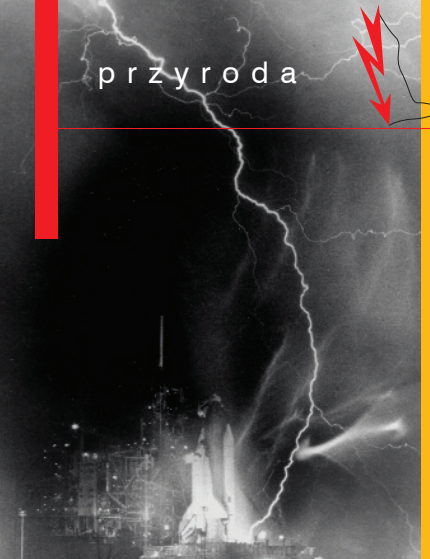
deszczu, zanieczyszczenie, temperatura i ciśnienie powietrza) może być mniejsza lub większa. Dla porównania, w naszych gniazdkach elektrycznych znajduje się 230 V, w telefonie ok. 40 V, w sieci tramwajowej 600 V, a w liniach wysokiego napięcia do 4 500 000 V (4,5 MV). Względem chmury Ziemia jest naładowana dodatnio. Między ziemią a chmurą, w powietrzu, powstaje pole elektryczne. W powietrzu, pomiędzy obojętnymi cząsteczkami gazów, zawsze znajduje się pewna ilość cząsteczek o określonym ładunku elektrycznym, czyli jonów. Pod wpływem powstałego pola elektrycznego jony zaczynają się poruszać i roz-

I znowu pole rozpędza jony, następuje przepływ ładunków. Prekursor znowu pędzi w kierunku ziemi z prędkością 50 km/s. Przebiega 50 m i zatrzymuje się. „Odpoczywa” około 50 nanosekund i znowu posuwa się o krok, zwykle w nieco innym kierunku. Następuje kolejne wstępne wyładowanie. I tak wielokrotnie sytuacja się powtarza, zanim kanał nie dotrze bardzo blisko ziemi. Gdy w końcu ładunek ujemny zbliży się, z ziemi zaczyna się wyłado-

przebiega po tej samej drodze drugi **prekursor, zwany ciemnym**, który nie przystając już ani na chwilę, niesie następną porcję ładunków ujemnych. Czasem widać w tym samym miejscu drugą, trzecią, lub nawet kilkadziesiąt błyskawic, pojawiających się jedna po drugiej, biegnących prawie w tym samym miejscu. Wzrasta temperatura po-

Można określić, w jakiej odległości trwa burza z piorunami, mierząc czas między rozbłyskiem a pierwszym grzmotem. Każde sześć sekund to dystans około 2 km.

Dźwięk porusza się z prędkością około 340 m/s. Dzięki pomiarowi różnicy czasu pomiędzy obserwacją błysku i grzmotu można oszacować, w jakiej odległości uderzył piorun, przyjmując dla uproszczenia jeden kilometr na trzy sekundy.



wietrza, a ziemię wstrząsa długi ogłuszający grzmot. Często pierwszy prekursor rozgałęzia się na dwa lub więcej ramion, które gdy osiągną jednocześnie powierzchnię ziemi, powodują, że uderzenie powrotne posuwa się wzdłuż nich wszystkich jednocześnie. Po tym spektaklu chmura znowu zaczyna się „ładować” i po 5 sekundach jest gotowa do ponownego działania.

CO SIĘ WYDARZYŁO?

Przez powietrze przepłynął wielki strumień ładunków elektrycznych, a więc przepłynął prąd elektryczny, nastąpił przepływ elektronów z chmury do ziemi. Ruch właściwej, jasnej błyskawicy odbywa się odwrotnie niż przepływ realnych ładunków tj. od ziemi do chmury. Gdy ładunki zrównoważyły się, wszystko zamarło.

Podczas przepływu błyskawicy powietrze na jej drodze zmienia się na ułamek sekundy

Pewnego razu Benjamin Franklin puszczal latawec w czasie burzy. Do sznurka, który trzymał w rękę, przymocował metalowy klucz. Gdy piorun uderzył w mokry sznurek latawca, prąd elektryczny spłynął w kierunku klucza i Franklina. Mogło to spowodować śmierć badacza, tak jak to się stało z niektórymi śmiałkami, próbującymi powtórzyć jego doświadczenie. Przypadała mu pomocyna wynaleźć piorunochron. Pierwszy taki przyrząd Franklina zainstalował na swoim domu w Filadelfii w 1752 roku.

w plazmę – czwarty stan skupienia materii. Całe wyladowanie trwało około 0,02 do 0,05 sekundy. To właśnie uderzenie powrotne jest odpowiedzialne za oślepiający błysk i ogromny huk. Na drodze przejścia błyskawicy wydzieliło się bardzo dużo ciepła (zgodnie z prawem Joule'a) i powietrze rozgrzane do temperatury ok. 30 000 stopni C gwałtownie się rozprężyło, co z kolei spowodowało olbrzymi huk.

NIEBEZPIECZNY PRĄD

Przebywanie podczas burzy na otwartym terenie wiąże się z niebezpieczeństwem porażenia elektrycznego przez piorun. Niebezpieczne jest nie tylko bezpośrednie trafienie ładunkiem w istotę żywą, ale też wyladowanie w pewnej od-

Prawo Joule'a-Lenza

Ilość wydzielonego ciepła na przewodniku jest równa pracy prądu elektrycznego, jaką on wykonał podczas przejścia przez obwód.

ległości od człowieka. Gdy piorun uderzy na przykład w drzewo i ładunek spłynie do ziemi, pod powierzchnią występuje duże napięcie. Podczas poruszania się człowieka różnica potencjałów między jedną a drugą nogą może doprowadzić do porażenia. Kiedy błyskawica dosięga ziemi, stapia wszystko, co tylko znajduje się obok. Temperatura w miejscu uderzenia sięga 30000 stopni Celsjusza.

OCHRONA PRZED PIORUNAMI

Podstawą ochrony powinien być zdrowy rozsądek. Błyskawice trafiają w miejsca o najmniejszym oporze elektrycznym, najczęściej w drzewa, wzgórza i wysokie budynki. Dlatego **najgorszym** miejscem do schronienia się przed burzą jest wysokie, osobnionie drzewo! Jeżeli błyskawica uderza w wilgotny przedmiot – na przykład drzewo czy ścianę – wówczas natychmiastowe wrzenie wilgoci powoduje tak gwałtowne rozszerzenie się pary, że wydaje się,

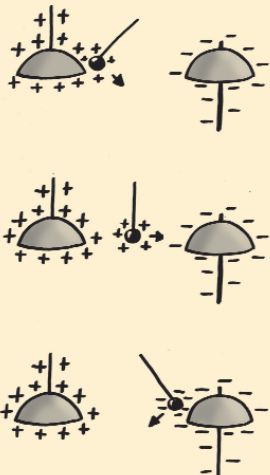
iż przedmioty te eksplodują. Trafienie piorunem może spowodować oparzenia, poważnie uszkodzić ważne organy, a nawet zatrzymać serce. Ginie co czwarty człowiek porażony gromem.

Podczas burzy bezpiecznie jest w budynku, jaskini, kantonie. Lepiej pozostać w domu i nie wychodzić, chyba że jest to naprawdę konieczne. Ryzykowne jest pozostawanie w wodzie i na wodzie w łódkach.

Warto zostać w samochodzie, gdyż są one jednymi z bezpieczniejszych miejsc do ukrycia się. W przypadku uderzenia pioruna prąd spłynie po karoserii, nie penetrując wnętrza. Jeśli nie ma w pobliżu schronienia, należy unikać wysokich obiektów w okolicy. Trzeba poszukać obniżen terenu, jak wąwóz czy dolina, i trzymać się z dala od obiektów metalowych. Osoby przebywające w większej grupie powinny się rozproszyć.

TECHNIKA BRONI PRZED PORAZENIEM

Z zasad fizyki wynika, że do środka pomieszczenia oplecionego dookoła przez przewody, pole elektryczne zewnętrzne nie dociera – taki system stanowi doskonale ekranowanie przed polem dochodzącym z zewnątrz. Pomieszczenie i jego właściwości po oplecieniu przez przewody zostało zbadane przez Faradaya i nosi od jego nazwiska nazwę „klatka Faradaya”. Wszystkie instalacje odgromowe składają się z przewodów otaczających chroniony obiekt i stanowią właśnie dużą klatkę Faradaya. Oczka w tej klatce mogą być bardzo duże, mimo to klatka nie traci swoich właściwości w kontakcie z piorunem. Problem polega na bardzo dokładnym połączeniu poszczególnych przewodów oraz ich dobrym uziemieniu. **Piorunochrony zakłada się przeciwko piorunom liniowym, które zmierzają do ziemi jak najkrótszą drogą,** szukając obiektów o najniższym potencjale elektrycznym (czyli najwyższych obiektów w okolicy). Domy jednorodzinne stojące w zwartej zabudowie lub pośród wysokich drzew nie wymagają instalacji odgromowej, są w mniejszym stopniu narażone na uderzenie pioruna, ale moż-



wadzenia całej energii wyładowania. Wykonuje się je w postaci metalowej taśmy, tak zwanej bednarki, zakopanej na odpowiednią głębokość w ziemi (uziom otokowy), sond x-profilowych (tak zwanych szpilek), wykorzystując zbrojenia ścian i fundamentów lub przebiegających w pobliżu domu



Instalacja odgromowa na dachu

Dzwonki Franklina

Urządzenie elektrostatyczne wynalezione przez Benjamina Franklina. Informuje o nadchodzącej burzy. Zasada działania i konstrukcja dzwonek jest prosta. Do ich realizacji Franklin użył dwóch dzwonek – jeden uziemił, do drugiego zaś przyczepił pręt odgromowy, a między nimi wahadło. Gdy zbliżała się burza, powietrze elektryzowało się, a wraz z nim dzwonek. Wahadło przenosiło ładunek poprzez drugi dzwonek na uziemienie i dzwonki zaczynały dzwonić. Warto zastanowić się nad tym, co tak naprawdę dzieje się na niebie podczas burzy i jak przed tragicznymi skutkami wyładowań atmosferycznych możemy się ochronić. Wszak piorun w ułamku sekundy może podpalić budynek, zwałić drzewo czy zabić żywą istotę.



Replika modelu z XVIII w.

zbyt wielkie. Czasami jest to także utrudnione ze względów estetycznych, np. w przypadku obiektów zbytkowych. Stosuje się wtedy tzw. **piorunochrony aktywne**. Odgromnik aktywny umieszcza się dwa metry powyżej najwyższego punktu chronionego obiektu. Powoduje on lokalne zjonizowanie powietrza, co pozwala wyznaczyć punkt uderzenia pioruna. System ten przechwytywa szybciej wyładowanie i ogranicza miejsce jego przepływu.



Aktywna głowica

Jednym z efektów uderzenia pioruna jest olbrzymie pole elektromagnetyczne towarzyszące przepływowi ogromnych natężeń. Nawet w odległości kilkuset metrów czule przyrządy elektroniczne mogą mieć zaburzone działanie. Na pewno każdy słyszał trzaski wydobywające się z radia podczas burzy. Większość bardzo czułych urządzeń elektronicznych zabezpieczonych jest klatką Faradaya. Ryzyko uszkodzenia sprzętu można zminimalizować odłączając go od instalacji elektrycznej i antenowej. Dla ochrony sprzętu audio-wideo lub komputerowego stosuje się również specjalne bezpieczniki przepięciowe. ●

liwość taka jednak istnieje. Piorunochron musi mieć koniecznie dom, jeśli jest wyższy niż 15 m, a jego powierzchnia przekracza 500 m² i stoi on w zabudowie rozproszonej. Zaprojektowanie i montaż instalacji powinno być wykonane przez specjalistę.

PIORUNOCHRON

w dużym uproszczeniu, to kawał drutu ułożony na dachu, który ma sprowadzić wyładowanie elektryczne do ziemi.

Fachowo mówiąc, zewnętrzna instalacja odgromowa składa się z przewodów uziemiających, połączeniowych uziołów i zwodów.

Zwody to część instalacji, montowana na najwyższych miejscach na dachu. Zwykle montuje się ich kilka: na kominach, kalenicy, wystających nadbudówkach. Zwody przyjmują uderzenia piorunów, zbierają ładunki elektryczne. Zwody mogą mieć postać wiszącego, rozpiętego na dachu przewodu lub być zamocowane przy użyciu uchwyty. Do zwodów powinny być podłączone wszystkie metalowe elementy dachu. Szczególnie należy zadbać o bezpieczeństwo masztów antenowych.

Uziomy to część instalacji ułożona w ziemi. Służy do rozpro-

rurociągów. Przewody połączeniowe – odprowadzające stanowią drogę, po której wyładowanie spływa do uziomu, a poprzez niego do ziemi. Najczęściej są wykonane z metalowej linki (stalowa, aluminiowa, miedziana), rzadziej z drutu. Przewody powinny być przeprowadzone z dala od okien, drzwi czy innych otworów. Nie powinny się załamywać, bo z takiego miejsca, w sposób niekontrolowany, może przeskoczyć iskra.

Pomiędzy przewodem a uziomem powinno być zainstalowane tak zwane łącze kontrolne, pozwalające ocenić stan instalacji.

Tradycyjnego piorunochronu nie możemy zainstalować na każdym budynku. Na wieżowcu, drapaczu chmur, wysokiej wieży instalacje odgromowe byłyby po prostu

