

Samoelektryzowanie się pyłu

Na zdjęciu obok widać erupcję wulkanu Chaitén w południowym Chile, który zdawał się wygasły przez prawie 10 tysięcy lat, by w katastroficzny dla pobliskiego miasta o tej samej nazwie sposób przebudzić się 2 maja 2008 roku. Nie mniej spektakularne są wyładowania rozświetlające noc.

A nam brakuje pokory wobec sił natury. Czyż nie jesteśmy przekonani, że choć (jeszcze) nie potrafimy zapanować nad żywiołami, to przecież świetnie je, przynajmniej jako ludzkość, rozumiemy? Nie musimy już odwoływać się do gromowładnego Zeusa, żeby opisać piorun. Czyż nie wiemy, jak on powstaje?

A jednak. Nadal nie do końca wiadomo, w jaki sposób elektryzują się drobiny. Zjawisko jest dość powszechne. Elektryzują się kryształki lodu w chmurach burzowych, pyły wulkaniczne w czasie erupcji wulkanów, piasek podczas burz piaskowych (zdjęcie poniżej), pył węglowy w kopalniach, toner w drukarkach itp. Niekoniecznie wszystkie te zjawiska mają wspólne wytłumaczenie. Może być ich wiele.

Niedawno ukazała się praca [1], która może być istotnym przyczynkiem do zrozumienia niektórych z tych zjawisk. Autorzy próbują znaleźć odpowiedź na dwa pytania: W jaki sposób drobiny izolatora przenoszą olbrzymie ładunki? W jaki sposób drobiny identycznego materiału mogą się wzajemnie elektryzować? Przecież nieustannie się zderzając, powinny się neutralizować.

Według autorów jest dokładnie na odwrót. Drobiny, zderzając się, ładują się zamiast się neutralizować, pod warunkiem, że chmura znajduje się w silnym polu elektrycznym. Mała, swobodnie unosząca się cząstka dielektryka polaryzuje się w obecności zewnętrznego pola elektrycznego. Jeżeli dwie takie drobiny zderzą się mniej więcej wzdłuż kierunku zewnętrznego pola, to mogą wzajemnie zneutralizować ładunki znajdujące się na stykających się w trakcie zderzenia fragmentach ich powierzchni, ale to, paradoksalnie, prowadzi do naelektryzowania cząstek, a nie neutralizacji. Można to wyjaśnić następująco. Przed zderzeniem były one tylko dipolami elektrycznymi, a po zderzeniu, które zneutralizowało jedną stronę każdego z dipoli, każda z cząstek ma niezerowy ładunek. Autorzy argumentują dalej, że po rozłączeniu cząstki ulegną ponownej



polaryzacji. W konsekwencji każde zderzenie cząstek przyczynia się do rozwarstwienia ładunku w chmurze.

Czy ten prosty mechanizm rzeczywiście działa? Autorzy przekonują o tym za pomocą symulacji oraz pomysłowego eksperymentu w małej skali.

Proponowane podejście ma sprawdzalne przewidywania, jeżeli chodzi o wielkość efektu oraz jego zależność od takich parametrów, jak średnia prędkość cząstek, ich koncentracja itp. Model przewiduje, że średnie naelektryzowanie pojedynczej cząsteczki będzie największe dla pośrednich gęstości. Dla małych zderzenia będą zbyt rzadkie, a dla dużych, na skutek skończonej sprężystości drobin, spada ich średnia prędkość. Przedstawione w pracy wyniki symulacji potwierdzają przewidywany obraz.

Jednakże w symulacji użyte są te same uproszczenia co przy budowie modelu analitycznego. W celu sprawdzenia ich poprawności autorzy przeprowadzili eksperyment ze szklanymi kulkami o średnicy 1,6 mm. Kulki zostały umieszczone w pojemniku umożliwiającym wdmuchiwanie powietrza od dołu. Za każdym razem strumień powietrza był zwiększany tylko do momentu uzyskania „poruszenia-fluidyzacji” cząstek w pojemniku. Następnie przykładano do metalowych płyt umieszczonych pod i nad pojemnikiem różnicę potencjałów 30 kV, uzyskując natężenie pola około 300 kV/m. Ponieważ bezpośredni pomiar ładunku kulek nie był możliwy, z konieczności zadowolono się zliczaniem unoszących się kulek w wybranym okienku na zdjęciach poklatkowych. Ponownie uzyskano dobrą zgodność między eksperymentem, symulacją i modelem analitycznym.

Cytowana praca na pewno udowadnia, że zderzenia drobin, zamiast do neutralizacji ładunku, mogą prowadzić do jego wzrostu. Mechanizm ten wyjaśnia również transport ładunku wewnątrz chmury. Nie wiadomo jednak, skąd miałyby się brać niezbędne pole elektryczne. Naturalna różnica potencjałów między jonosferą a powierzchnią Ziemi, według autorów, nie wystarcza. Mechanizm ten nie tłumaczy wszystkich rodzajów elektryzowania. W szczególności sposób różnicowania ładunku w chmurach burzowych jest inny, bo rozłożenie ładunku ma przeciwny znak, ale o tym, jak widać, innym razem.

Piotr ZALEWSKI

[1] T. Pähz, H. J. Herrmann i T. Shinbrot, *Why do particle clouds generate electric charges?*, Nature Physics, 11/04/2010, doi:10.1038/nphys1631