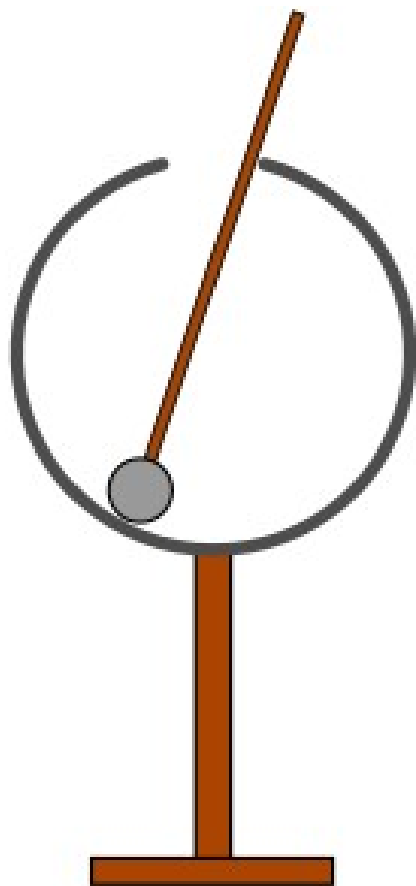


*Rozkład ładunku na powierzchni
przewodnika*

Natężenie pola elektrostatycznego we wnętrzu naelektryzowanego przewodnika jest równe zeru.

W przeciwnym razie, na ładunki we wnętrzu przewodnika działałyby niezrównoważone siły $\vec{F} = \vec{E} \cdot q$, powodujące ich przemieszczanie, dopóki siły nie zostaną zrównoważone, pole nie zniknie i nie zostanie uzyskany statyczny rozkład ładunków.

Badanie ładunku wewnątrz naładowanego przewodnika



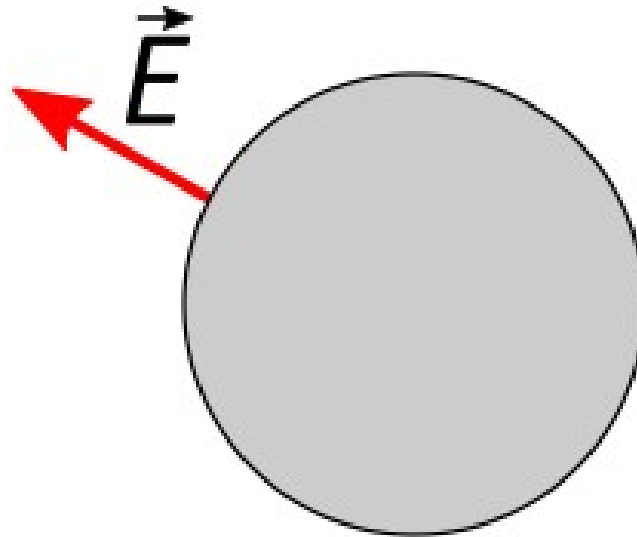
Metalowy przewodnik kulisty elektryzujemy za pomocą maszyny elektrostatycznej, a następnie dotykamy jego zewnętrznej i wewnętrznej powierzchni metalową kulką. Badamy ładunek kulki za pomocą elektroskopu.

Okazuje się, że kulka elektryzuje się tylko przy zetknięciu z zewnętrzną powierzchnią naładowanej powierzchni kulistej.

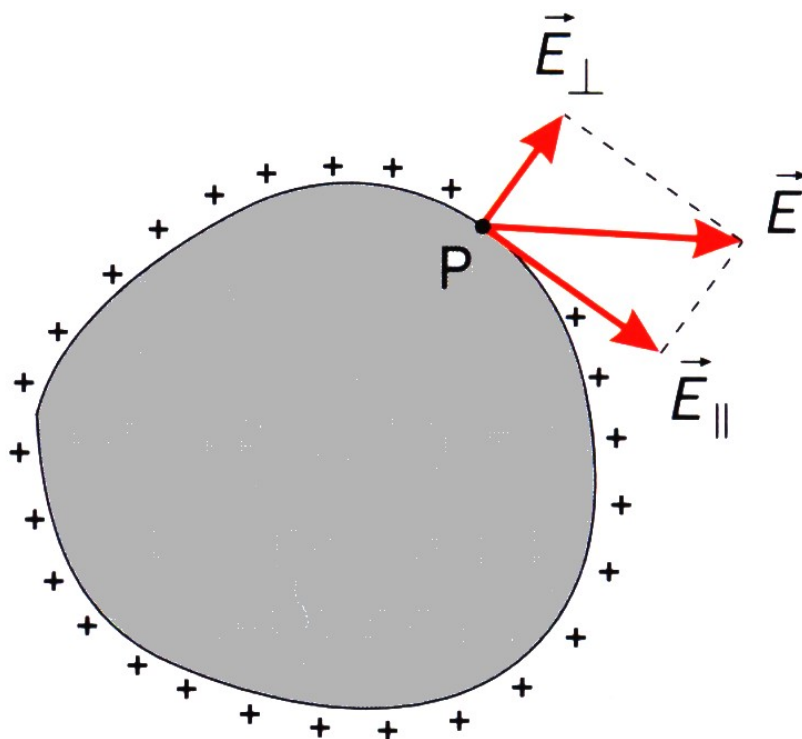
Doświadczenie pokazuje, że ładunek dostarczony przewodnikowi rozmieszcza się tylko na jego zewnętrznej powierzchni.

Pole znika wewnątrz wszystkich naładowanych przewodników, powłok i wnek dowolnego kształtu. Po ustaleniu się stanu równowagi rozkład ładunku na powierzchni przewodnika nie ulega zmianie.

Wektor natężenia pola elektrostatycznego \vec{E} jest prostopadły do powierzchni przewodnika w każdym punkcie.

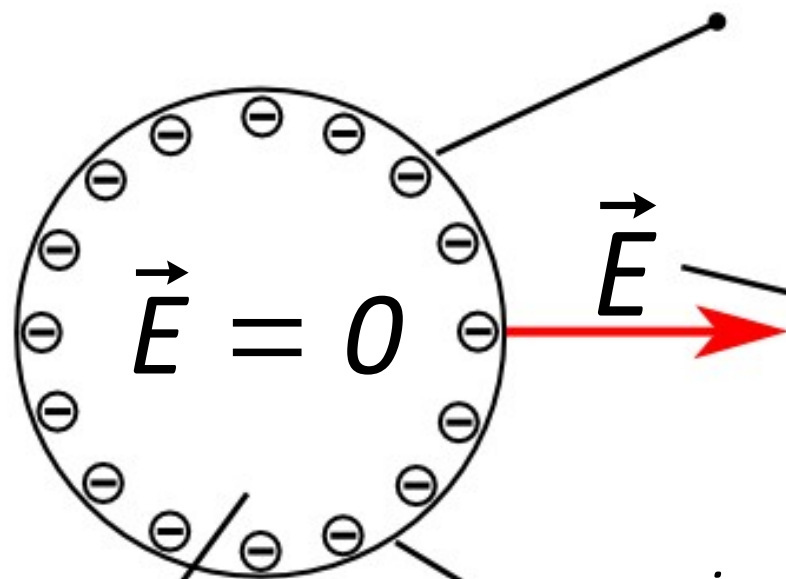


Gdyby wektor natężenia pola elektrostatycznego nie był prostopadły do powierzchni przewodnika w dowolnym punkcie P , występowałaby wtedy składowa styczna natężenia pola.



Na znajdujący się w punkcie P ładunek działałaby wówczas siła powodując jego przemieszczanie, aż do zaniku składowej stycznej natężenia pola.

*nadmiarowe ładunki elektryczne
gromadzą się na powierzchni
naładowanego przewodnika
(w efekcie wzajemnego odpychania
się ładunków równoimiennych)*



*natężenie pola elektrycznego oraz
linie sił pola elektrostatycznego
na zewnątrz przewodnika, blisko
jego powierzchni, są do niej
prostopadłe*

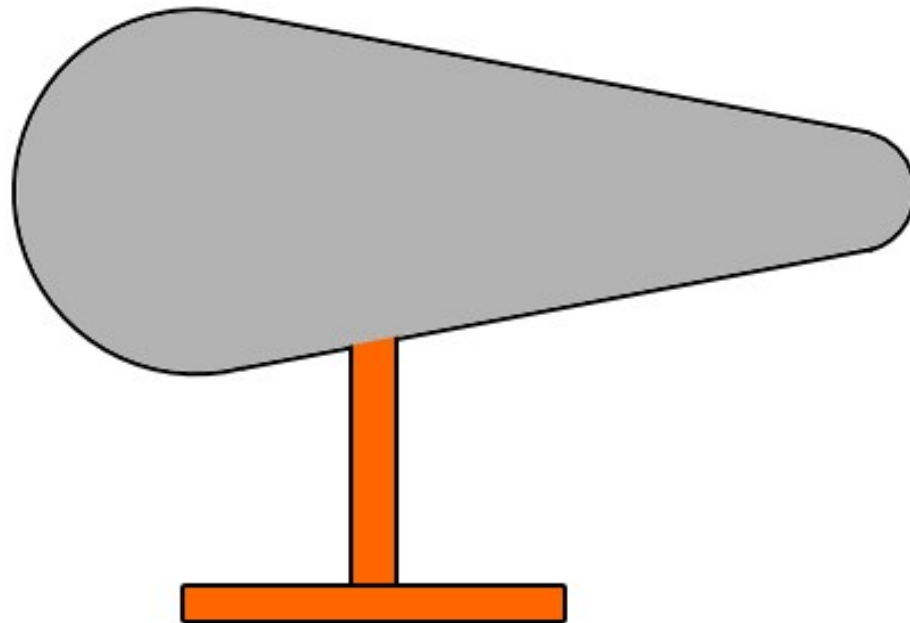
*powierzchnia przewodnika jest
powierzchnią ekwipotencjalną*

*wewnątrz przewodnika natężenie
pola jest równe zero*

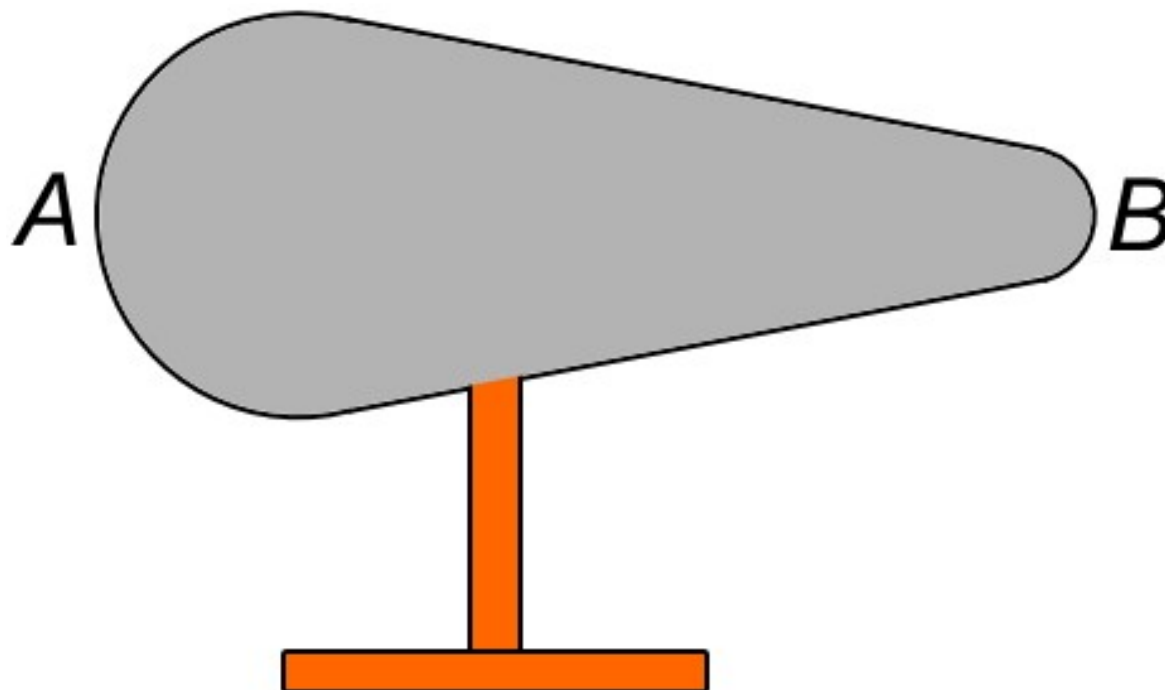
Gęstością powierzchniową ładunku nazywamy stosunek ładunku Q zgromadzonego na pewnej powierzchni S do tej powierzchni:

$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

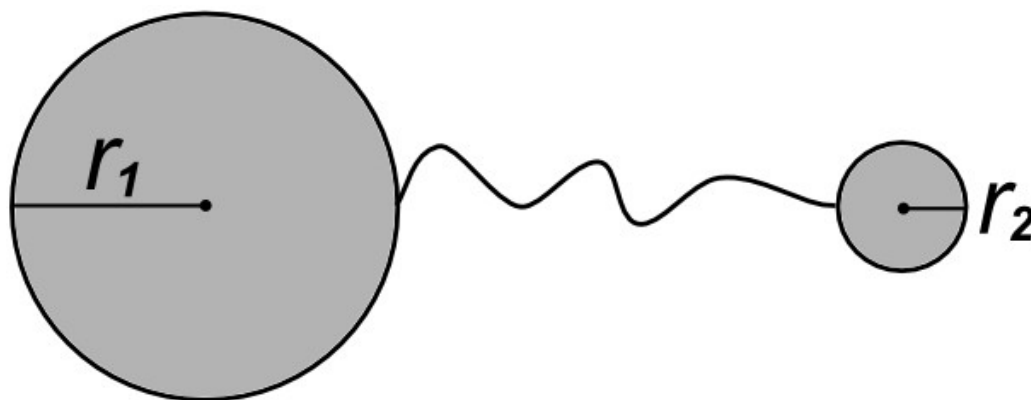
Jak rozkłada się ładunek na powierzchni przewodnika o nieregularnych kształtach?



*Czy gęstość powierzchniowa ładunku
w obszarach A i B naładowanego przewodnika
jest jednakowa?*



Dla uproszczenia rozważań możemy zastąpić przewodnik dwiema kulami o różnych promieniach r_1 i r_2 , połączonymi długim drutem (by ładunek jednej kuli nie wpływał na rozkład ładunku drugiej).



*Natężenie pola przy powierzchni przewodzącej kuli
naładowanej ładunkiem Q wyraża równanie:*

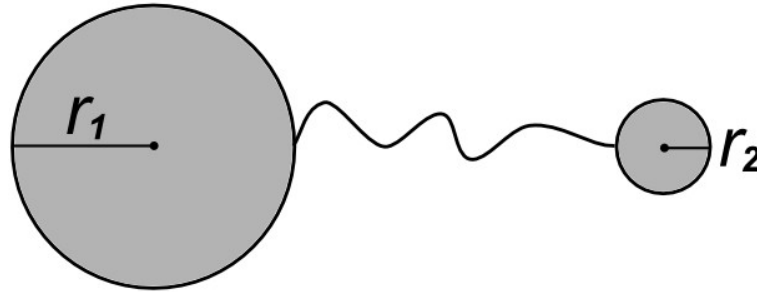
$$E = k \cdot \frac{Q}{r^2} = \frac{1}{4 \pi \varepsilon_0 \varepsilon_r} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

gdzie $S = 4 \pi r^2$ to powierzchnia kuli o promieniu r , a $\varepsilon_r = 1$.

$$E = \frac{Q}{\varepsilon_0 S} \quad \text{ale} \quad \frac{Q}{S} = \sigma \quad \text{więc} \quad E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

Natężenia pola przy powierzchni kul:



$$E_1 = k \frac{Q_1}{r_1^2} \quad E_2 = k \frac{Q_2}{r_2^2}$$

Dzieląc E_1 przez E_2 otrzymujemy:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{k \frac{Q_1}{r_1^2}}{k \frac{Q_2}{r_2^2}} = \frac{\frac{Q_1}{r_1^2}}{\frac{Q_2}{r_2^2}} = \boxed{\frac{Q_1}{Q_2} \frac{r_2^2}{r_1^2}}$$

Kule połączone są drutem, więc mają **jednakowe potencjały**, w przeciwnym razie pole elektryczne wykonywałoby pracę, przemieszczając ładunki z jednej kuli na drugą aż do wyrównania potencjałów.

$$V_1 = V_2$$

$$k \frac{Q_1}{r_1} = k \frac{Q_2}{r_2}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{r_1}{r_2}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{Q_1}{Q_2} \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{r_1}{r_2}$$

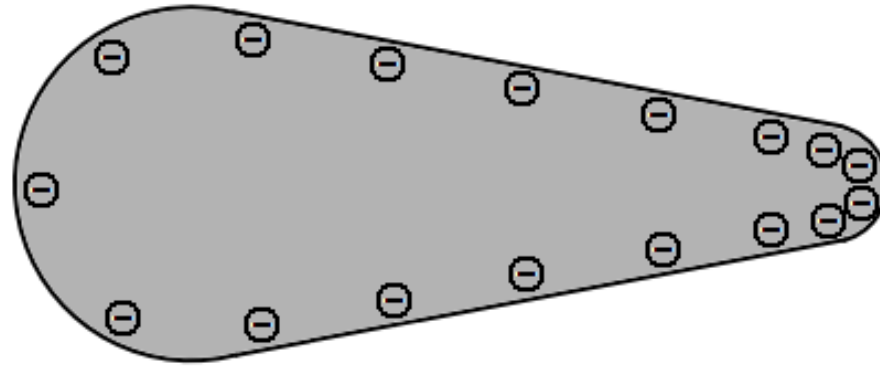
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{Q_1}{Q_2} \frac{r_2^2}{r_1^2} = \frac{r_1}{r_2} \frac{r_2^2}{r_1^2} \quad \text{ale} \quad E_1 = \frac{\sigma_1}{\epsilon_0} \quad i \quad E_2 = \frac{\sigma_2}{\epsilon_0}$$

stąd

$$\frac{r_2}{r_1} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$$

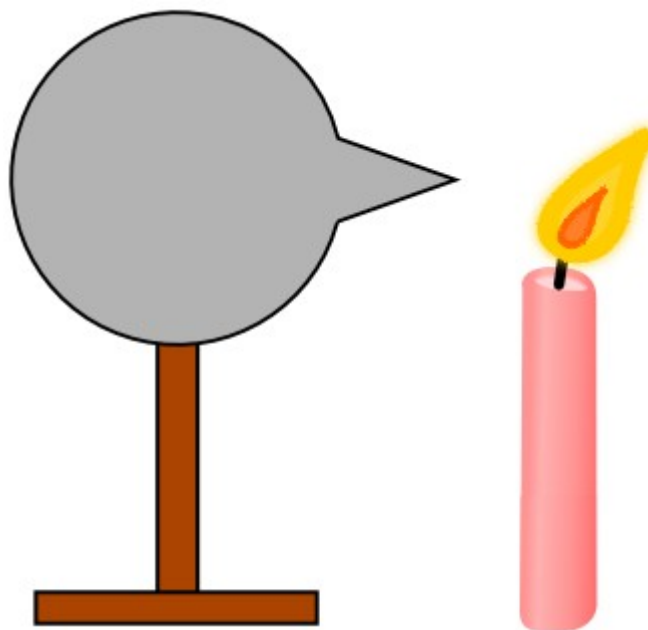
gdy $r_2 < r_1$ to $\sigma_1 < \sigma_2$

Z powyższego wzoru wynika, że *im mniejszy promień krzywizny przewodnika, tym większa gęstość powierzchniowa ładunku.*



Ładunki gromadzą się w większym stopniu na bardziej zakrzywionych fragmentach powierzchni, gęstość powierzchniowa ładunku jest tam większa.

Przewodnik naładowany, mające ostre brzegi i występy łatwo traci swój ładunek, gdyż silne pole elektryczne przy ostrzu przyciąga do niego jony przeciwnego znaku, których pewna liczba zawsze znajduje się w powietrzu.



Ponadto, jeśli przewodnik jest naelektryzowany ujemnie, elektrony z ostrza spływają na cząsteczki powietrza, po czym powstałe jony ujemne odpychane są od przewodnika i oddalają się, tworząc „wiatr elektronowy”.

Istnienie „wiatru elektronowego” można zaobserwować, zbliżając płomień świecy do naelektryzowanej maszyną elektrostatyczną kuli z ostrzem.

Jeśli kula jest naelektryzowana dodatnio, elektrony ze znajdujących się w pobliżu ostrza obojętnych cząsteczek powietrza przeskakują na ostrze (występuje jonizacja powietrza). Powstałe w wyniku tego zjawiska jony dodatnie oddalają się, tworząc także „wiatr”.

Odchylenie płomienia świecy występuje więc niezależnie od tego, jaki jest znak ładunku kuli z ostrzem.

Dlaczego piorunochron chroni przed skutkami uderzeń pioruna?

Dlaczego piorunochrony są zakończone ostrzami?

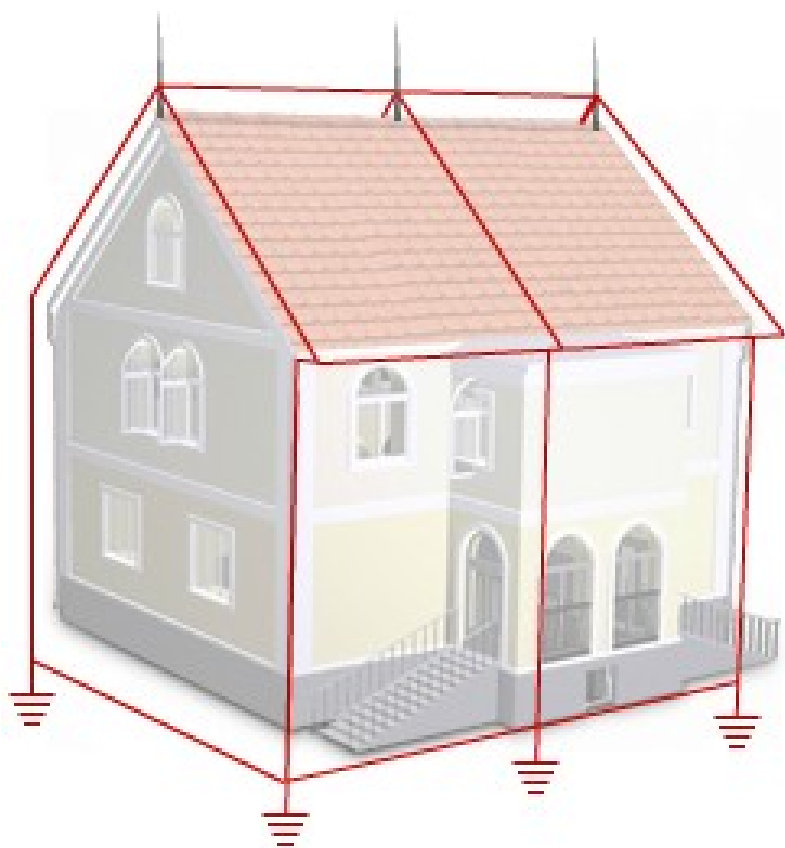
W jaki sposób można uchronić urządzenia elektryczne od wpływu zewnętrznego pola elektrycznego?

*Ładunek dostarczony przewodnikowi rozmieszcza się
tylko na jego zewnętrznej powierzchni.*

Badania historyczne dostarczają nam informacji o stosowanych niegdyś sposobach ochrony przed piorunami. Jedną z najgroźniejszych metod było wykorzystanie dzwonów kościelnych. Wierzono, że dzwonienie dzwonami chroni przed wyładowaniami atmosferycznymi. Tymczasem wysokie, niezabezpieczone przed piorunami dzwonnice były doskonałym celem uderzeń piorunów: budynki ulegały zniszczeniu, a dzwonnicy ponosili śmierć.

*W 1749 roku Benjamin Franklin do ochrony przed piorunami zaproponował **piorunochron**.*

***Piorunochron** to wysoki, metalowy, ostro zakończony pręt wystający wysoko nad budynek, którego drugi koniec jest zakopany w ziemi.*



Jeżeli nad piorunochronem pojawi się chmura burzowa naładowana elektrycznie, np. ujemnie, to górna część budynku i piorunochron naładują się dodatnio przez indukcję elektrostatyczną.

Na ostrzach piorunochronu ładunek będzie jednak nieporównywalnie większy. Między chmurą i piorunochronem powstaje olbrzymie napięcie dochodzące do wielu milionów woltów, w wyniku którego następuje nagłe rozładowanie się chmury przez krótkotrwały przepływ silnego prądu z chmury do Ziemi – uderzenie pioruna. Natężenie tego prądu może być równe setkom tysięcy amperów.