

# OTTO GUERICKE – ANALOGIE, SIŁY I PRZYRZĄDY NAUKOWE

Andreas Henke, Dietmar Hoettecke, Falk Riess, Niemcy

(Tłumaczenie *Przypadku badawczego* z j. angielskiego)

## 1. Tytuł i słowa kluczowe

"Otto von Guericke i kula z siarki - odpychanie elektryczne i funkcje przyrządów naukowych "(odcinek 1 serii: Historyczno- genetyczny wstęp do elektryczności).

**Słowa kluczowe:** elektryczność statyczna, odpychanie elektryczne, Otto von Guericke, kula z siarki, przyrządy naukowe, podobieństwa, Royal Society, Robert Boyle.

## 2. Autorzy i Instytucje

Andreas Henke, Uniwersytet w Bremie, Niemcy

Dietmar Höttecke, Uniwersytet w Kaiserslautern, Niemcy

## 3. Streszczenie

**Związek z programem nauczania, zakres stosowania, grupa docelowa, treści historyczne i filozoficzne**

Epizod dotyczący doświadczeń Otto von Guericke z odpychaniem elektrycznym jest drugim z zakresu historii elektryczności. Jego celem jest zapoznanie uczniów z jego eksperymentalnym kierunkiem działań, które doprowadziły do opisu odpychania elektrostatycznego. Epizod ten jest odpowiedni dla uczniów szkół średnich w wieku od 12 do 15 lat. Podejście Otto von Guericke pokazuje jak dużą rolę w początkach rozwoju nauki odgrywało myślenie oparte na analogii, kiedy to wykonał on przyrząd naukowy w postaci repliki Ziemi. Może ono odzwierciedlać dlaczego i w jaki sposób tego typu argumentacja może być zarówno przydatna (gromadzenie hipotez), jak i zawodna (stronniczość interpretacji).

Głównym celem tego epizodu jest przeprowadzenie eksperymentów dotyczących zjawisk elektrycznych z kulą siarkową lub jej repliką, którą można z łatwością zbudować.

Uczniowie zdobędą wiedzę na temat roli i funkcji przyrządów naukowych oraz sami zaprojektują swoje własne przyrządy, jak robił to sam Guericke. Dowiedzą się również o kryteriach jakości przyrządów naukowych oraz jak (i dlaczego) przyrządy Guericke spotkały się z dużym sceptycyzmem innych) W tym kontekście staje się jasne, że naukowcy są raczej krytyczni w ocenie wyników swej pracy, a także wobec swoich przyrządów naukowych, które odgrywają istotną rolę w procesie badań.

Po skonstruowaniu własnych przyrządów, uczniowie mogą wykorzystać zdobytą wiedzę, pisząc krótką notatkę, reklamującą stworzone przez nich urządzenia.

## 4. Opis przypadku badawczego i propozycja działań

Opracowanie powinno zacząć się od krótkiej informacji o Otto von Guericke.

Następujące informacje mogą mieć znaczenie (patrz paragr. 5.1):

- różnorodne role Guericke jako naukowca, polityka i konstruktora,
- różnorodne dziedziny pracy i badań (sporządzanie szczegółowych planów miast, badania meteorologiczne i prognozy pogody, badania ciśnienia powietrza i próżni, elektryczność, zajmowanie się astronomią i kometami),
- motywacja do badań (to zapewnia realistyczny kontekst wyników dotyczących odpychania), aby znaleźć i skategoryzować wszystkie siły działające w przyrodzie.

Dlatego też, celem Guericke nie było jedynie badanie odpychania elektrycznego, mimo iż dziś jest głównie z tym utożsamiany. Jego osiągnięcie polega na przedstawieniu tego efektu jako jednoznacznie elektrycznego oraz przekonaniu innych do tego. Jednakże odpychaniem elektrycznym zajmiemy się bardziej szczegółowo później (patrz poniżej). Jeśli chodzi o jego przyrząd naukowy – kulę siarkową, uczniom nie trzeba tu przedstawiać jej dokładnej konfiguracji.

Przy pomocy materiałów I (fikcyjnie przypisanym Guericke) uczniowie mogą sami zaprojektować przyrządy naukowe, dzięki którym będą mogli zbadać siły elektryczne. Najpierw powinni pomyśleć o cechach, które określą ich przyrządy, jako odpowiednie przyrządy naukowe. Uczniowie mogą porównać swoje urządzenia i określić w jakim stopniu są one zgodne z wymaganiami stawianymi przez Guericke, a mianowicie powinny z łatwością wytwarzać ładunki elektryczne w laboratorium, niezawodnie i o wystarczająco dużym natężeniu, aby można je było poddać analizie (patrz paragr. 5.2.1 i 5.2.2).

### **Pytania do rozważenia po przeprowadzeniu tego zadania:**

Co powoduje, że Twój przyrząd jest dobrym narzędziem naukowym? Po co naukowcom przyrządy naukowe?

Dopiero teraz rysunek Guericke z jego dziennika powinien być przedstawiony (patrz zdjęcie I), a następnie zdjęcie pochodzące z jego publikacji (patrz zdjęcie III) oraz zdjęcie repliki (patrz zdjęcie V). Uczniowie mogą głośno rozważać dlaczego Guericke wybrał tego typu układ.

Według Guericke kula służy jako przykład z natury – wszystko, co istnieje w naturze może być zbadane dzięki tej kuli. Dlatego też skonstruował on swój przyrząd naukowy do wytwarzania efektów elektrycznych w formie kuli lub globu, z przymocowanymi częściami obrotowymi, aby przypominały obrót Ziemi. Konstrukcja ta była bardzo powszechna w tamtych czasach. Przekonania dotyczące Ziemi (Wszelchświata) były wyciągane z podobnych efektów w analogicznych sytuacjach (zob. pragr. 5.2.3). Poza tym temat „budowa dobrych przyrządów naukowych” będzie odgrywał ważną rolę w tym *Przypadku badawczym*, jako najważniejszy element natury nauki - NOS (patrz paragr. 5.2.1). Dla Guericke kryterium jakości przyrządu było jego podobieństwo do kuli ziemskiej.

Po tym wstępie można przeprowadzić z uczniami eksperyment odtwarzając działania Guericke. Paragraf 7.1 opisuje doświadczenia, które można przeprowadzić w klasie:

„Odtwarzanie zjawisk przyciągania elektrycznego”,

„Odpychanie elektryczne za pomocą spadających piórek i innych lekkich przedmiotów”,

„Unoszące się piórko”,

„Rozładowanie piórka”,

„Ciche „rozładowanie” elektryczne / elektro – luminescencja”.

Możliwe są różne opcje:

Dążąc do bardziej **uporządkowanego badania** uczniom można zadać pytania: „Czy znane skutki działają zgodnie z oczekiwaniami w odniesieniu do tego urządzenia?”, lub „Jakie siły naelektryzowany glob wywiera na inne ciała?” (Opis efektów odpychania wg Guericke można znaleźć w tekście oryginalnym I). Można również stwierdzić: „Guericke uważał, iż elektryczność może być również odpychająca. Proszę o zaprojektowanie urządzenia, które zbadałoby to założenie”.

Mając na uwadze bardziej „otwarte badania”, uczniowie sami stawiają pytania i hipotezy oraz przeprowadzają badania, zaczynając od ogólnego celu Guericke do odkrycia wszystkich sił występujących w przyrodzie. Tutaj mogą się również pojawić pytania z zakresu mechaniki i kinematyki.

Po fazie eksperymentalnej, uczniowie powinni być zachęceni do wzięcia udziału w dyskusji na temat różnych aspektów natury nauki (patrz paragr. 5.2) ujawniając swoje refleksje w Kąciku Refleksji (opisanym na stronie "Kącik Refleksji").

Po powyższym wiarygodność i jakość badań Guericke będzie głównym punktem zainteresowania. Jak wykazano w materiale II inni naukowcy początkowo nie byli przekonani co do jakości jego przyrządów i wyników badań, jakie dzięki nim uzyskał. Ten materiał powinien zachęcić uczniów do rozważań na temat: „Co określa dobre instrumenty naukowe bez konieczności udowadniania tego przed innymi”. Informacje na ten temat można znaleźć w paragrafie 5b, a streszczenie w Materiale III.

### **Pytania nad którymi warto się zastanowić:**

Dlaczego naukowcy prezentują swoje wyniki badań i przyrządy naukowe innym?

Dlaczego naukowcy byli sceptyczni co do przyrządu Guericke?

Na co powinni naukowcy zwrócić uwagę prezentując swoje badania innym?

Do czego przyrządy naukowe są wykorzystywane w nauce?

Po Guericke „prawdziwa” maszyna elektryzująca odegrała ważną rolę w badaniach elektryczności. „Prawdziwa”, ponieważ różniła się pod względem przeznaczenia – jej pierwotnym celem była produkcja elektryczności, podczas gdy Guericke używał swojego przyrządu w wyżej opisanych intencjach. Zdjęcia VI, VII, VIII i X przedstawiają niektóre metody budowy maszyn elektryzujących wykorzystujących tarcie. To pokazuje typowe funkcje przyrządów naukowych - reprodukcję silniejszych, lecz kontrolowanych naturalnych efektów, które mogą być analizowane w laboratorium. Te przyrządy podlegają rozwojowi technologicznemu, również uczniowie mogą analizować, w jaki sposób projekt prawdziwej elektryzującej maszyny opiera się na zasadach, które zrealizował jako pierwszy Guericke.

Teraz uczniowie mogą powrócić do swych projektów i sprawdzić czy spełniają one wymogi jakościowe i w razie potrzeby dokonać niezbędnych poprawek. Jako pracę domową mogą stworzyć tekst reklamowy, opisujący własności, jakie ich przyrządy posiadają. Materiał IV może pomóc rozpocząć tę czynność.

### **Kolejne fazy przypadku badawczego (lekcji na ten temat)**

1

Informacje wstępne  
Cel badawczy Guericke

2

Projekt przyrządu naukowego  
Refleksja: charakter i kryteria jakości przyrządów

3

Kula siarkowa Guericke jako model Ziemi

4

Badanie: "unoszące się piórko"

5

Boyle, kula z siarki „odrzucona” - przez Towarzystwo Królewskie

6

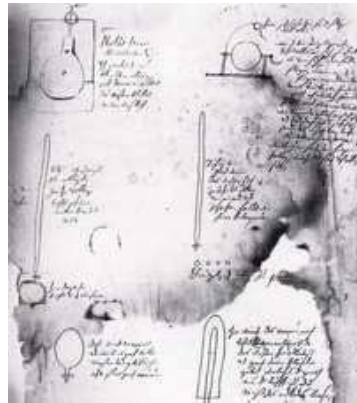
Refleksja: Dlaczego taki sceptycyzm?

7

Reklama przyrządów naukowych.



1a. Portret Otto von Guericke



1b. Wyciąg z dziennika badań Guericke



2a. Przyrząd z siarki Guericke



2b. Replika urządzenia Guericke



3. Model Ziemi



4. Doświadczenie z piórkiem

## 5. Podstawy historyczne i filozoficzne włączając naturę nauki (NOS)

### 5.1. Podstawy historyczne

#### 5.1.1. Odpychanie elektryczne od Gilberta do Guericke.

Nawet po wyrazistym podziale przez Gilberta elektrycznych i magnetycznych zjawisk przyciągania, pytanie, co dokładnie było powodem przyciągania, pozostało bez satysfakcjonującej odpowiedzi. Nadal uważano, że ogrzewanie przedmiotów poprzez tarcie było przyczyną ich elektryzowania. Ponadto, często uważano, że przyciąganie jest spowodowane poprzez "delikatny powiew" i to stwierdzenie używano w różnych formach jako wyjaśnienie.

Jednak nie potrafiono wyjaśnić odpychania elektrycznego, teorii stanowczo odrzuconej już przez Gilberta. Nicolaus Cabeus zauważył w 1629 roku - i Otto von Guericke również później – efekt odpychania równocześnie ze znanym już przyciąganiem, które wyjaśnił jako zjawisko mechaniczne: wcześniej przyciągnięte, lekkie przedmioty (niesione przez powietrze, które zostało "rozcieńczone" przez powiew) odpychały naelektryzowane przedmioty. Aż do ustaleń Guericke, przyciąganie pozostało ciekawym zjawiskiem elektrycznym, podczas gdy odpychanie zostało uznane za zjawisko wyłącznie mechaniczne.

Cabeus uznał za niemożliwe (o czym Gilbert nigdy nie wspomniał), „przenoszenie” przyciągania przez dotyk. Jednak Guericke wkrótce przedstawił wyraźne dowody, że to „przenoszenie” się dzieje. Pocierana kula z siarki,

sprężyna, której często używał do wykonywania eksperymentów przyciągała wszystko w jej pobliżu, jeżeli to nie było możliwe, przedmioty „gnieździły” się w jej pobliżu (zob. [1], str.167). Du Fay (patrz właściwy odpowiednik w tym rozdziale) później formułuje to jako ogólną zasadę.

Kula z siarki Guericke występowała jako nowość w doświadczeniach elektrostatycznych, ponieważ wcześniej jedynie już istniejące materiały „elektryczne” lub urządzenia wytworzone przypadkowo były używane do przeprowadzania eksperymentów. Planowanie i projektowanie odpowiednich przyrządów jest nowym podejściem, ale o tym że siarka może ulec naelektryzowaniu wiedzano już wcześniej (patrz l. [2] str. 36).

Guericke próbuje wyjaśnić zjawisko odpychania w oparciu o analogię i typowo animistyczny pogląd na świat. Kula skonstruowana jako pomniejszony model kuli ziemskiej dąży tak, jak planeta Ziemia do „utrzymania” wszystkiego co się na niej znajduje. Sytuacja odwrotna, odrzucanie wszystkiego co szkodliwe, powinno też być możliwe. W oparciu o jego pogląd na świat, kula z siarki służyła Guericke jako model dla wszystkich sił, które występują w Kosmosie. Zgodnie z prawdą historyczną, należy tutaj wspomnieć, iż kula z siarki nie przedstawiała wtedy jeszcze tej Maszyny elektryzującej, która później była używana przez Guericke. Można było również zauważyć wczesne etapy odkrycia przewodnictwa elektrycznego oraz indukcji elektrycznej, jednak Guericke nie skupiał się na nich. Dopiero później Stephen Gray zajął się szczegółowym, systematycznym badaniem tych zjawisk.

Większość odkryć Guericke związanych z elektrycznością popadło w zapomnienie, prawdopodobnie dlatego, że uważał je za potwierdzenie swych przekonań o siłach występujących we Wszechświecie.

Guericke nie zaprezentował swoich wniosków Towarzystwu Królewskiemu. Kiedy jego kolega, Boyle, ostatecznie uczynił to 27 listopada 1672 roku, spotkał się z wielkim sceptycyzmem (patrz Materiały dla uczniów II).

### **5.1.2 Otto von Guericke**

Otto von Guericke (ur. 30 listopada 1602 r. w Magdeburgu, zm. 21 maja 1686 r. w Hamburgu), niemiecki polityk, prawnik, naukowiec, przyrodnik, lekarz weterynarii i wynalazca. Od 1617 do 1619 roku studiował nauki humanistyczne na Uniwersytecie w Lipsku oraz z powodu wojny trzydziestoletniej także kilka tygodni w Helmstedt. Później studiował prawo na Uniwersytecie w Jenie od 1621 do 1623 roku, w tym samym roku rozpoczął studia na holenderskim Uniwersytecie w Leiden studiując budownictwo fortec. W 1631 roku podczas oblężenia Magdeburga przez cesarską armię katolicką Guericke został przyjacielem miasta. Jednak on i jego rodzina zostali schwytyani, więc po wpłaceniu okupu przenieśli się do Brunszwiku.

Począwszy od 1632 r., zaangażował się w odbudowę miast Leiden i Magdeburga, które zostały zniszczone w czasie wojny. W 1646 roku został burmistrzem Magdeburga, ponieważ posiadał już dyplomatyczne osiągnięcia jako wysłannik miasta podczas negocjacji z Saksońskim okupantem, uzyskując wiele korzyści dla Magdeburga. W wolnym czasie, a szczególnie później w podeszłym wieku, Guericke poświęcał się badaniom naukowym. Jest on znany z wynalezienia pompy próżniowej w 1650 roku, a w szczególności ze spektakularnych eksperymentów przeprowadzonych przez niego z użyciem tzw. „półkul magdeburgskich”, które były jego wynalazkiem (patrz zdjęcia II i XI). Guericke lubił demonstrować mieszkańcom Magdeburga różne swoje i inne doświadczenia.

Przeprowadzając różne eksperymenty zajął się również wcześniej wspomnianą energią elektrycznością. Swoje doświadczenia opublikował w 1663 roku, poddając się presji swoich kolegów naukowców i przyjaciół jak: Gottfriedowi Wilhelmowi Leibniz i Casparowi Schott.

## **5.2 Podstawowe informacje o naturze nauki (NOS)**

### **5.2.1. Uzasadnienie wyników i wymagania dotyczące zestawu eksperymentalnego**

5.2.1 Często uzasadnienie wyników i wniosków przeprowadzonych eksperymentów specjalnych (nowych) zjawisk staje się celem badań naukowych. W przypadku Guericke, jest to odpychanie naelektryzowanych przedmiotów. Chcąc zbadać te zagadnienia i ich właściwości bliżej, należałoby je wywołać i bezpiecznie odtworzyć. W tym celu muszą być zbudowane specjalne przyrządy pomiarowe. Ponadto biegłość w radzeniu sobie z nimi należałoby rozwinąć.

Jeśli eksperyment ma być przeprowadzony za pomocą tych przyrządów (np. zasięg odpychania, jego wpływ na różne substancje, itp.), jakość wyników będzie zależała przede wszystkim od tego urządzenia (i oczywiście od

działań osoby przeprowadzającej eksperyment).

Istotne jest, czy wyniki uzyskane za pomocą tych urządzeń są uznawane przez innych naukowców. Będzie to możliwe w przypadku, gdy urządzenie jest wysokiej jakości, zgodnie z przyjętymi standardami.

#### **Niektóre kryteria jakości:**

1. Możliwość użytkowania urządzenia przez wszystkich poprzez łatwość obsługi.
2. Bezpieczne i możliwe do odtworzenia uzyskanie pożądanego efektu.
3. Brak zakłócających skutków ubocznych – tylko założony efekt jest badany.
4. Kryteria są skuteczne w zakresie przeprowadzania eksperymentu, tj.:
  - a) efekt jest uzyskiwany wtedy kiedy chcemy,
  - b) efekt jest wystarczająco silny, aby go zbadać.
5. Urządzenia te są skonstruowane w taki sposób, że przyczyna zjawiska jest całkowicie zrozumiała oraz tak zbudowane, że modyfikacja ich struktury spowoduje zmianę wyników eksperymentu.

Oczywiście, bardziej pragmatyczne względy są również brane pod uwagę: jakie materiały są dostępne, jak drogie są poszczególne części, czy można modyfikować wcześniejsze wersje eksperymentów, zamiast konstruować całkowicie nowe zestawy? Guericke opisuje niektóre z tych kryteriów w fikcyjnym liście w Materiale dla Uczniów I. Większość innych kryteriów jest również tam opisana i można je poznać samemu, podczas odpowiedzi na pytania odpowiedniego tekstu (Materiały dla uczniów II).

#### **5.2.2 Wywoływanie zjawisk**

Eksperymenty Guericke stanowią dobry przykład dla świadomego i kontrolowanego wywoływania zjawisk w laboratorium w celu bliższego ich zbadania. Przykładami badań są m.in. generowanie dźwięku z głośników, aby zbadać rozchodzenie się dźwięków, lub hodowla muszki owocowej w laboratorium, aby zbadać kwestię dziedziczności.

To jednak nie zawsze jest możliwe. Jak widać w naukach o morzu i o środowisku, często jest odwrotnie: np. prądów morskich nie można odtworzyć w warunkach laboratoryjnych, przyrządy muszą być przeniesione na łono natury. Należy dokonać rozróżnienia między zjawiskiem jako takim (niezmienione naturalne zjawisko) oraz jego odpowiednikiem laboratoryjnym (celowe generowane za pomocą specjalnych przyrządów). Dla zasady, naukowcy próbują opisywać zjawiska, ich właściwości i czynniki ich rozwoju. Jednak badania prowadzone są głównie w laboratoriach.

Drobiazgowym byłoby pytanie, czy wyniki uzyskane z pomocą badania laboratoryjnego odnoszą się do zjawiska naturalnego, jako takiego. Rozwiązanie tego problemu, to wyobrażenie sobie eksperymentu jako planowanego procesu „oswajania” zjawiska. Osoba przeprowadzająca eksperyment zabiera "kawałek natury" do laboratorium i zamienia ją w coś prostszego, bardziej stałego i łatwiejszego do manipulowania. Jeśli w trakcie procesu badania nagle nowy aspekt (jak odpychanie) się pojawia, którego wcześniej nie zaobserwowano, ten aspekt będzie uznawany za realizację czegoś potencjalnie możliwego w przyrodzie (w końcu laboratorium i przyrządy są również częścią natury).

#### **5.2.3 Zagrożenia i korzyści wynikające z irracjonalności w nauce (argumentacja przez podobieństwa / analogię i kompletność)**

Byłoby błędem zakładać, że naukowcy zawsze kierują się racjonalnymi poglądami w swych badaniach. Wielu naukowców sądzi na przykład, że teorie naukowe powinny być "piękne", tj. szczególnie proste i przejrzyste. Inni wyciągają wnioski poprzez analogię i podobieństwo: zakładają, że jeżeli występują pewne podobne cechy, inne cechy będą również występować. Guericke postępował również według tych założeń:

**Guericke przykład 1:** Kula z siarki jest odzwierciedleniem kuli ziemskiej a więc badania za jej pomocą pomogą ujawnić wszystkie zasady rządzące na Ziemi. Guericke nie zbudował kuli z siarki w celu zbadania zjawisk elektrostatycznych – jak można sądzić na podstawie dzisiejszej wiedzy. Skupił się na analizie sił występujących we Wszechświecie. Szczególnie zależało mu na zbadaniu wszystkich sił na i wokół Ziemi, tak aby mógł rozwijać wiarygodny pogląd na świat. Dlatego zbudował kulę z siarki podobną na tyle, na ile to możliwe do Ziemi, i poprzez to podobieństwo przypisał wszystkie uzyskane wyniki do procesów zachodzących na Ziemi i w jej otoczeniu:

- Potarta kula przyciąga lekkie przedmioty, które przylegają do jej powierzchni i obracają się z nią.  
Wniosek: Ziemia przyciąga wszystko, co się na niej znajduje i razem z tym wykonuje 24 - godzinny obrót.
- Sprężyna jest odpychana przez potartą kulę, pozostaje w tej samej odległości przez jakiś czas, skierowana jest zawsze tą samą stroną do kuli, a kula może się obracać pod nią.  
Wniosek: Księżyc odnosi się do Ziemi tak samo, jak sprężyna do kuli.

**Guericke przykład 2:** Elektryczność powinna być wytłumaczona przy użyciu tych samych (już znanych) reguł co magnetyzm, ponieważ są one analogiczne. Odkrycie przez Guericke zjawiska odpychania rozszerzyło wyjątkową dziedzinę elektryczności, ale także uzupełniło ją w pewnym sensie, biorąc pod uwagę, że magnetyzm jest używany jako podstawa. Punkt widzenia Guericke brał się z przekonania o całości i kompletności, więc byłoby dla niego czymś zaskakującym, jeśli przeciwległe zjawiska przyciągania i odpychania, które występują w magnetyzmie, nie wystąpiłyby również w zjawiskach elektrycznych. Jakie są więc zagrożenia i korzyści płynące z tego, że naukowcy wzorują się na emocjonalnym (lub irracjonalnym / intuicyjnym itd.) podejściu do nauki biorąc pod uwagę podobieństwo, symetrię, przeciwieństwo czy prostotę? Korzyścią jest, jeśli te rozważania inspirują naukowców do wyciągania i ustalania nowych hipotez, które później szczegółowo analizują.

Niebezpieczne natomiast jest, jeśli naukowcy ignorują własne obserwacje i wyniki innych naukowców, jeśli nie zgadzają się one z przyjętymi z góry przez nich założeniami.

**Ten przykład ma na celu ukazanie, iż naukowcy nie zawsze kierują się logiką i racjonalnym myśleniem i odrzucają subiektywizm. Wręcz przeciwnie, często kierują się irracjonalnymi zasadami, ale zachowują krytyczny stosunek do wyciągniętych z tego wniosków.**

## 6. Grupa docelowa, program zajęć i korzyści dydaktyczne

Niniejsze opracowanie dotyczące doświadczeń Otto von Guericke z odpychaniem elektrycznym stanowi drugi odcinek z serii o historii elektryczności. Ten temat jest odpowiedni dla uczniów szkół średnich w wieku od 12 do 15 lat. Nauczanie o elektryczności stanowi ważną część w dziedzinie fizyki i nauczania fizyki.

### 6.1 Cele kształcenia i kompetencje

Uczniowie poznają zjawisko odpychania elektrycznego jako jedno z wielu podstawowych własności naelektryzowanych (elektrostatycznie naładowanych) przedmiotów i przypisują to przyciąganiu. Uczniowie dowiadują się, że celowe odtwarzanie zjawisk fizycznych z użyciem specjalistycznej aparatury jest ważną częścią badań naukowych. Uczniowie dowiadują się, iż naukowcy muszą dowodzić wyników swych badań przed innymi naukowcami, co związane jest z wymogami co do używanych przez nich przyrządów.

#### 6.1.1 Charakter (natura) nauki

Uczniowie powinni...

- wiedzieć, że zaprojektowanie, produkcja i wykorzystanie przyrządów naukowych stanowi istotny aspekt w praktyce naukowej,
- wymienić kryteria, według których ocenia się jakość przyrządów naukowych,
- wymienić cechy przyrządów naukowych, które wpływają na jakość wyników,
- wyjaśnić ważność dowodzenia wyników swoich badań przed innymi naukowcami przy wykorzystaniu przyrządów naukowych,
- nazwać kontrolowaną produkcję naturalnych zjawisk, jako funkcję przyrządów naukowych,
- wiedzieć, że odkrycia z których słyną niektórzy naukowcy nie były celem ich wcześniejszych badań.

#### 6.1.2 Umiejętności odnoszące się do badań naukowych

Uczniowie powinni ...

- rozwiązywać zadania w grupach,
- kontrolować swoje wyniki poprzez porównywanie ich z wynikami innych grup,

- ocenić wpływ możliwych źródeł błędów na wiarygodność ich wyników,
- sporządzać proste szkice (wykresy),
- argumentować przy pomocy porównawczych struktur np. im więcej... tym mniej... ,
- wyjaśniać z pomocą lub bez założeń dotyczących korelacji lub przyczyn,
- planować i przeprowadzać eksperymenty o różnym stopniu samodzielności,
- rejestrować swoje obserwacje z pomocą lub samodzielnie oraz sporządzać wykresy (diagramy) porównawcze,
- wykorzystywać swe obserwacje do weryfikowania wcześniej określonych przypuszczeń,
- posługiwać się samodzielnie materiałem eksperymentalnym.

### 6.1.3 Umiejętności dotyczące wiedzy merytorycznej

Uczniowie powinni...

- umieć nazwać ciała (substancje), które elektryzują się poprzez pocieranie,
- wiedzieć, że odpychanie to działanie siły między naładowanymi (naelektryzowanymi) ciałami,
- wiedzieć, że odpychanie lekkich ciał to dowód na ładunek elektryczny (naelektryzowane ciała),
- umieć opisać działanie siły w sąsiedztwie naładowanych (naelektryzowanych) ciał.

## 7. Działania, metody i materiały do uczenia się

Metody, eksperymenty, arkusze pracy, propozycje zadań, środki / materiały

### 7.1 Eksperymenty

#### 7.1.1 Wymagane materiały

- Replika (kula z siarki) / eksperymentalne urządzenie – jedna lub więcej kopii urządzenia elektryzującego Guericke.  
Ewentualnie: okrągły balon z przyklejonymi po przeciwległych stronach dwiema rolkami z tektury (patrz rysunek IX).
- Materiały do dalszych porównawczych eksperymentów z elektryzowaniem: bursztyn, wosk, szklane pręty.
- Przedmioty, które posłużą do tarcia innych ciał: kawałki tkaniny z wełny, bawełny i jedwabiu, skórka z kocią sierścią.  
Lekkie przedmioty: piórko, nici bawełniane, skrawki papieru, folia mosiężna, opiłki żelazne.

#### 7.1.2 Przykładowe eksperymenty

##### **Eksperyment 1: Rekonstrukcja znanego zjawiska przyciągania**

Pocierać suchą kulę z siarki – przymocowaną lub nie do urządzenia suchymi rękoma, materiałem lub skórką z kocią sierścią – w celu naelektryzowania jej i przyciągnięcia do niej przedmiotów. Aby osiągnąć ten efekt drobne przedmioty umieszcza się pod kulą lub na np. talerzyku lub spodku. Kropelki wody również przyciągane są przez kulę, które zbliżając się w kierunku kuli deformują się.

##### **Eksperyment 2: Zjawisko odpychania z użyciem piórka i innych lekkich przedmiotów**

Guericke przeprowadza ten eksperyment za pomocą piórka. Jeśli spadnie na kulę, to na krótko przyczepia się doń zanim zostanie znowu odepchnięte przez lekkie potrząśnięcie kulą. Jest to nowe zjawisko badane przez Guericke bardzo skrupulatnie. Skrawki papieru lub konfetti rozrzucone pod kulą przymocowaną do urządzenia naprzemiennie odpychają się i przyciągają, czynność tę można powtarzać przez wiele godzin. Efekt odpychania można także zaobserwować, używając korka na cienkiej nitce jako elektroskopu, który po przyciągnięciu i dotknięciu kuli, odpycha się. Eksperyment ten może być również przeprowadzony za pomocą prętów ze szkła. W tym miejscu należałoby wspomnieć, że przy późniejszych maszynach elektrostatycznych głównie szkło używane było do pocierania (patrz zdjęcia VI, VII, VIII, X, XII).



### **Eksperyment 3: Puszczone swobodnie piórko**

Trzymamy kulę w ręce, a piórko swobodnie puszczone unosi się po pomieszczeniu. Jeśli dotknie uziemionego przedmiotu przyklei się do niego, zanim dotrze do kuli. To zjawisko Guericke również opisał. Unoszące się swobodnie piórko może być „przyciągnięte” do innego ucznia trzymającego w ręku pręt z polichloru winylu lub inną naelektryzowaną kulę.

### **Eksperyment 4: „Ciche wyładowanie” elektryczne/elektroluminescencja**

Guericke opisuje krótkotrwałe, nadzwyczajne iskrzenie na powierzchni kuli jeśli silnie się ją potrze. To zjawisko można jedynie zaobserwować w kompletnej ciemności i w idealnych (np. suchych) warunkach. Guericke dopiero po dziewięciu latach odważył się opisać swoje spostrzeżenia!

#### **Uwagi techniczne**

- 1) Jeśli kula została naładowana zbyt mocno efekt indukcji elektrostatycznej utrzyma się, a piórko przylgnie do kuli (nie zostanie odepchnięte).
- 2) Piórko nie powinno być zbyt „obfite”, ponieważ indukcja elektrostatyczna spowoduje trwałe przyciągnięcie „ramion” piórka, jak nazwał je Guericke. Muszą one być przycięte.
- 3) Wszystkie doświadczenia najlepiej „sprawdzają się” na całkowicie suchej kuli z siarki w temperaturze pokojowej lub wyższej. Dlatego też należy unikać wystawiania jej na zewnątrz, lub dotykania wilgotnymi rękami.

## **7.2 Materiały dla uczniów**

### **Materiał I: Zadanie zaprojektowania przyrządu naukowego**

Wyobraź sobie, że jesteś mechanikiem i twórcą przyrządów naukowych w rodzinnym mieście Otto von Guericke Magdeburgu. Projektujesz i konstruujesz przyrządy naukowe wraz z naukowcami.

Otrzymujesz następujący list od Guericke:

"Drogi Kolego,

Pracujemy razem już od dawna i zawsze służyłeś mi dobrą radą i doskonałymi pomysłami w projektowaniu moich przyrządów naukowych. Jak wiesz, obecnie przeprowadzam badania dotyczące sił oddziaływujących na naszą planetę Ziemię. Bardzo chciałbym zbadać siły wywołane przez zjawisko elektryzowania ciał. Wiele już w tej dziedzinie zrobiono. Te zjawiska elektryczne rzadko występują w naturze lub są zbyt słabe aby je bliżej zbadać. Niestety, wszystkie znane naturalne zjawiska nie są wystarczająco wiarygodne i wystarczająco silne – dlatego też muszę sam odtworzyć te zjawiska. Dlatego też, opierając się na twojej wiedzy i doświadczeniu, proszę cię o stworzenie urządzenia, które umożliwi mi odtworzenie tego zjawiska w warunkach laboratoryjnych. Jestem gotowy poświęcić się temu badaniu bez reszty".

Otrzymałeś od Guericke zadanie stworzenia urządzenia umożliwiającego odtworzenie w laboratorium zjawiska elektryzowania poprzez pocieranie. Zwróć uwagę na to, że Twoje urządzenie będzie musiało służyć do przeprowadzania przy jego użyciu naukowych eksperymentów. Użyj wiedzy z poprzednich eksperymentów dotyczących elektryczności. Stwórz szkic tej maszyny. Sporządź krótką notatkę: co określa Twoje urządzenie jako dobry przyrząd naukowy? Pamiętaj, że jest rok 1660 - nie istnieją jeszcze, na przykład silniki elektryczne ani inne tego typu urządzenia.

### **Materiał II: Informacje o sceptycznym stosunku do przyrządu Guericke**

Następujące wydarzenie nastąpiło, gdy przyjaciel Guericke - Boyle przedstawił wyniki, które otrzymał Guericke korzystając ze swych przyrządów. Można zauważyć, że istnieją ścisłe kryteria, określające dobry przyrząd naukowy i wiarygodne wyniki:

W dniu 27 listopada 1672, Robert Boyle (1627-1691), który zajmował się również tak, jak Guericke zagadnieniami związanymi z ciśnieniem atmosferycznym, przedstawił kulę z siarki i wyniki badań Guericke otrzymane przy jej pomocy Towarzystwu Królewskiemu. To ważne i szanowane Stowarzyszenie naukowców, które wzajemnie analizowało wyniki swoich badań, było sceptycznie nastawione do kuli z siarki i początkowo

odrzucało wyniki badań, aż do czasu, kiedy to sami członkowie tego Stowarzyszenia sprawdzili efektywność działania kuli i opublikowali wyniki badań przez nich otrzymane.

### **Materiał III: Informacje dotyczące kryteriów jakości przyrządów naukowych**

Wyniki badań uzyskane z użyciem przyrządów naukowych uważanych za zawodne są często przyjmowane z powątpieniem. Naukownicy zgodnie określają niektóre cechy dobrych przyrządów naukowych, a mianowicie:

- Musi być możliwość dokładnego ustalenia, w jaki sposób badane zjawisko (np. odpychanie) jest wytwarzane przez urządzenie.
- Musi być tak skonstruowane, żeby inni naukowcy mogli je obsługiwać z łatwością.
- Urządzenie takie powinno być funkcjonalnie niezawodne i wywoływać zjawisko zawsze, kiedy zajdzie taka potrzeba.
- Zjawisko musi być wyraźnie rozpoznawalne, niezaburzone innymi zdarzeniami.
- Doświadczenie przeprowadzone przy pomocy urządzenia i wytwarzające określone efekty, musi wytworzyć dokładnie ten sam efekt w przypadku powtórzenia doświadczenia.

#### **Praktyczne wskazówki, o których warto pamiętać:**

- urządzenie nie powinno być zbyt kosztowne,
- powinno być wykorzystywane częściej niż jeden raz,
- niektóre elementy urządzenia można zmienić tylko wtedy, gdy urządzenie jest konstruowane od początku.

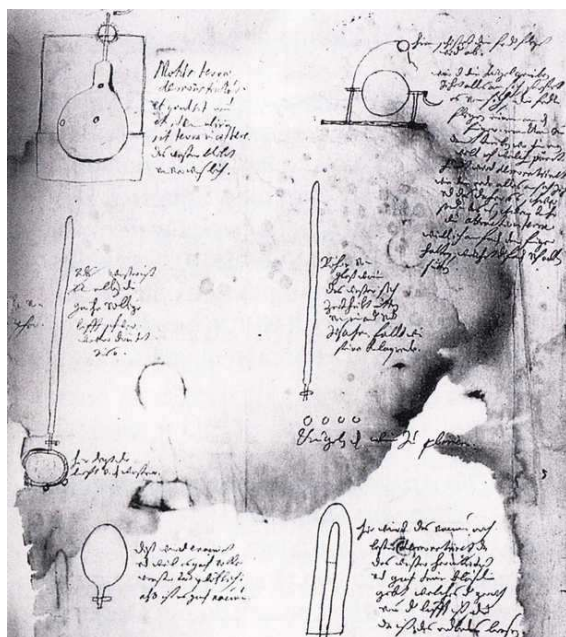
### **Materiał IV: Kreatywne pisanie - Redagowanie tekstu reklamy własnego urządzenia**

Proszę napisać krótki tekst reklamowy, wyjaśniający dlaczego urządzenie, które skonstruowałeś jest dobrym urządzeniem naukowym. Tekst możesz zacząć np. tak:

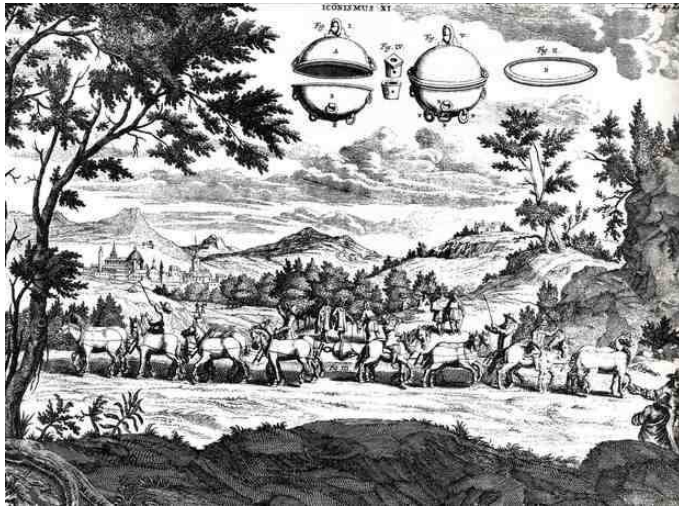
#### **Rewolucja w dziedzinie badań elektryczności!**

Odnosnie jakości dobrego przyrządu naukowego Towarzystwo Królewskie słusznie okazało swoje wątpliwości, co do kuli z siarki Guericke, ponieważ urządzeniem tym trudno było się posługiwać i wytwarzało ono tylko słaby efekt elektryczny. Jednakże, mój nowoczesny przyrząd naukowy...

### **7.3 Zdjęcia i pomoce**



Zdjęcie I: Wyciąg z dziennika badań Guericke z około 1660 roku – szkic ilustrujący jego rozważania o urządzeniach elektryzujących (prawy górny róg)



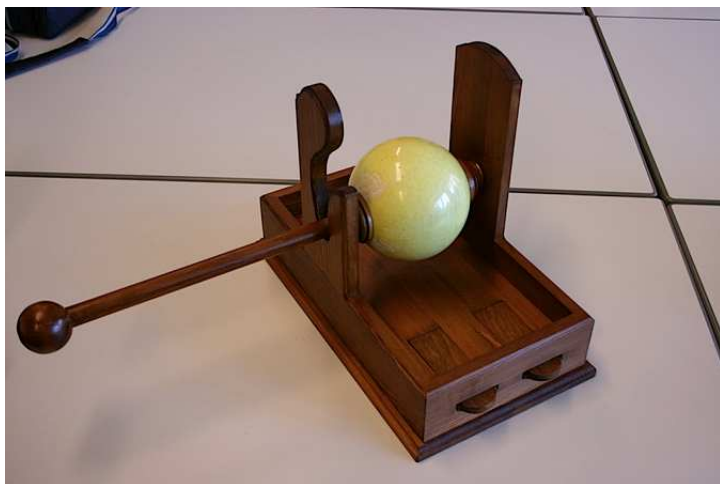
Zdjęcie II: Eksperyment - „Magdeburskie półkule” – ilustracje Caspar Schott (ok. 1660)



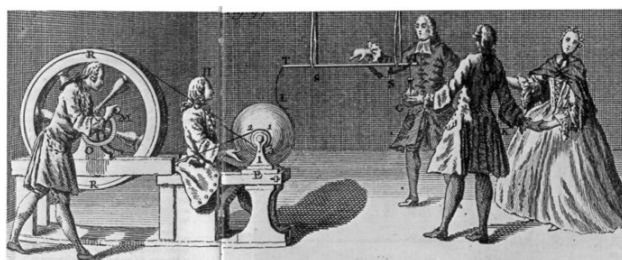
Zdjęcie III: Urządzenie elektryzujące (lub wytwarzające elektryczność) Guericke (z prawej), Guericke z kulą z siarki (po lewej) z [1], str.166



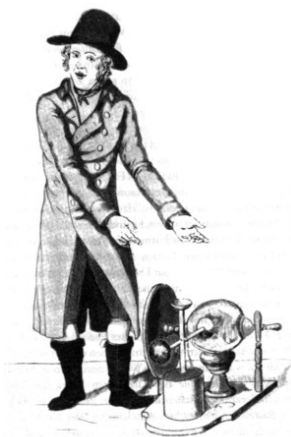
Zdjęcie IV: Portret Otto von Guericke jako burmistrza Magdeburga



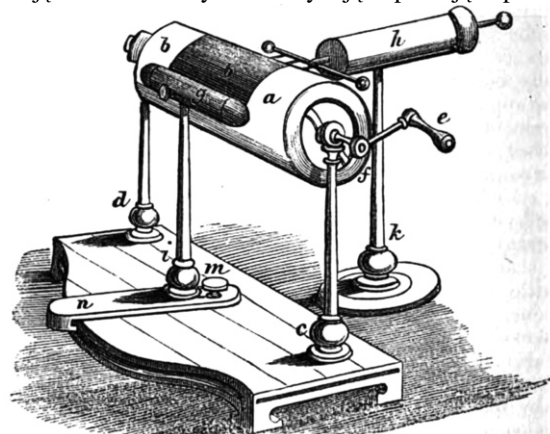
Zdjęcie V: Rekonstrukcja urządzenia Guericke z kulą z siarki (Uniwersytet Oldenburg)



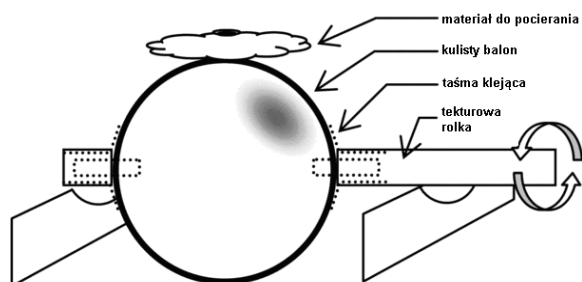
Zdjęcie VI: Maszyna elektryzująca pracująca przez potarcie - szklana kula pocierana dłonią



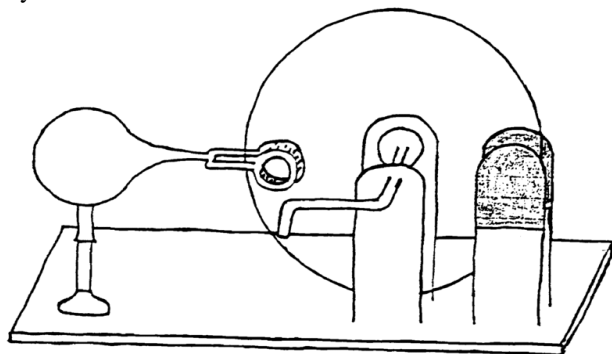
Zdjęcie VII: Maszyna elektryzująca pracująca przez potarcie - szklana kula „puszczona na” jedwabną poduszkę



Zdjęcie VIII: Maszyna elektryzująca pracująca przez potarcie – szklana rura (cylinder) z kawałkami wełnianego i jedwabnego materiału



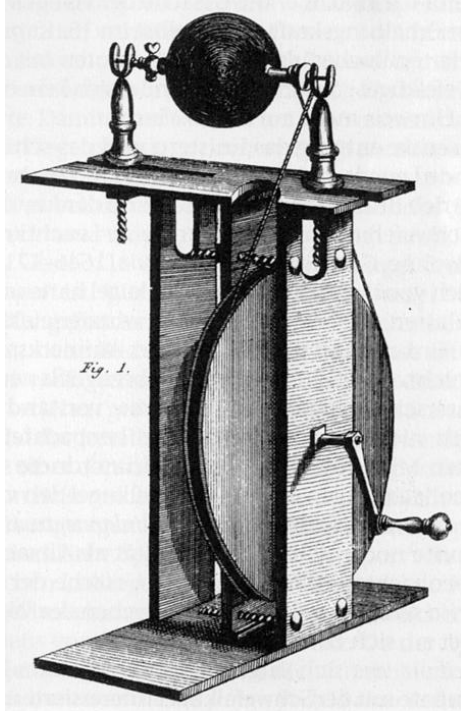
Zdjęcie IX: Prosta rekonstrukcja maszyny elektryzującej Guericke skonstruowana z materiałów codziennego użytku



Zdjęcie X: Szkic maszyny elektryzującej składającej się z dysku. Od lewej: przewodnik ładunku elektrycznego. Środek: szklany dysk z uchwytem. Od prawej: dwie jedwabne poduszki, między którymi dysk jest pocierany.



Zdjęcie XI: Odtworzenie eksperymentu z półkulami magdeburskimi 1963 [2], pg.28



Zdjęcie XII: Maszyna elektryzująca według Franciszka Hauksbee (ok. 1700 r.) dla dwóch osób (jedna kręci korbą, druga kładzie ręce na kuli)

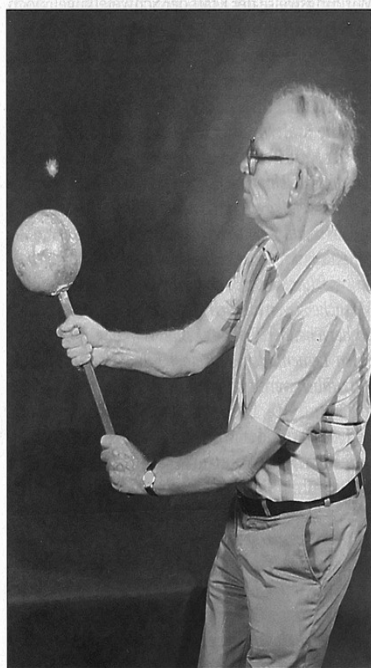


Bild 6  
Schwebeversuch mit einer Feder, Dr. Moewes bei einem  
Demonstrationsexperiment [31]

Zdjęcie XIII: Odtworzenie eksperymentu z unoszącym się piórkiem przez członka stowarzyszenia Otto-von-Guericke

## **8. Przeszkody na drodze do nauczania i uczenia się**

### **8.1 Rola przyrządów naukowych**

Jako że przyrząd naukowy jest trudny w użytkowaniu, jego stosowanie należy praktykować (ćwiczyć) przez wykonywanie eksperymentów. Zamiast się odpychać, lekkie przedmioty często przyczepiają się do niego (zob. uwagi na temat doświadczeń). Powinno to być traktowane jako szansa na zrozumienie, że urządzenia naukowe nie są maszynami dającymi odpowiedzi na pytania za pierwszym podejściem. Uczniowie powinni zrozumieć, że to urządzenie (i przyrządy naukowe w ogólności) wymaga praktyki i eksperyment powinien być powtarzany wielokrotnie, aby uzyskać np. zjawisko „unoszącego się piórka”. Ten aspekt może być podjęty podczas dyskusji o naukowej jakości kuli z siarki Guericke i innych urządzeń.

Odpowiadanie na pytania „dlaczego?” i „po co?”, jest to rola jaką odgrywają przyrządy naukowe dla badaczy i dyskutując na ten temat należy kierować się analizą listu Guericke (materiał I). Uczniowie będą przedstawiać własne (odpowiedzi) pomysły na te pytania, stwierdzając: urządzenia pokazują (lub „udowodniają”) teorię lub służą do weryfikacji praw itd. Ten pogląd wynika prawdopodobnie z wcześniejszych lekcji fizyki. Przed analizowaniem użycia urządzeń w badaniach (indukcyjne, hipotetyczne, dedukcyjne itp.) podstawowe założenie powinno być jasne: wiele urządzeń imituje (naśladuje) przyrodę w laboratorium, więc może być ona odtwarzana, analizowana i badana w kontrolowany sposób i niezawodny. Oczywiście istnieją inne sposoby uzyskania wiarygodnych danych. Wystarczy pomyśleć o obserwacjach astronomicznych lub wyprawach badawczych, gdzie za laboratorium służy natura (sama przyroda) i zjawisko badane jest na miejscu.

### **8,2 „Kącik rozważań (refleksji)” – metoda bezpośrednich rozważań o naturze nauki (NOS)**

„Kącik refleksji” jest metodą, która ułatwia refleksje uczniów na temat roli, funkcji, warunków i cech nauki, wiedzy naukowej i ogólnych spostrzeżeń o naturze nauki. Dowiedz się więcej ...

## **9. Umiejętności pedagogiczne (brak w oryginale)**

### **10. Wyniki badań (dowody z badań)**

Uczniowie chętnie projektują przyrządy naukowe i chętnie prezentują swoje projekty badań. Należy przeprowadzić także analizę wad urządzeń naukowych po ogólnej dyskusji, w celu ograniczenia chęci uczniów do dyskwalifikowania projektów przyrządów innych.

### **11. Dalszy rozwój zawodowy użytkownika**

[A] Strona internetowa stowarzyszenia Otto-von-Guericke:

<http://www.uni-magdeburg.de/org/ovgg/welcome.html>

[1] Guericke Otto von (1994). Nowe (tzw.) eksperymenty z Magdeburga

Otto von Guericke. Dordrecht [u.ä.]: Kluwer Acad. Publ. [2] Monumenta

Guerickiana: Magazyn Otto-von-Guericke-Gesellschaft eV / [Edited by

Prezes Otto-von-Guericke-Society], (26), Zeszyt nr 3, Magdeburg

1996 [3] Priestley, Joseph. Historia i stan obecny elektryczności,

oryginalne eksperymenty. London: Printed for J. Dodsley, J. Johnson i T. Cadell,

1767. (Wydanie trzecie, 1775 w Google Books) [4] I. Bernard Cohen (1951). Guericke

i Dufay. Annals of Science, Tom 7, Issue 2, s. 207 - 209

### **12. Zasoby pisane (brak w oryginale).**