

## Scenariusz zajęć

**Przedmiot:** Fizyka

**Klasa:** 2G

**Temat:** Ładunki dodatnie i ujemne. Prawo Coulomba

**Czas:** jednostka lekcyjna

### Główne idee (main understandings):

- Ciała elektrycznie obojętne nie oddziałują ze sobą.
- Ładunki różnoimienne przyciągają się a jednoimienne odpychają.
- Elektryzowanie przez potarcie polega na przenoszeniu ładunków ujemnych pomiędzy ciałami.
- Niektóre ciała przejmują, a niektóre oddają na skutek elektryzowania ładunki ujemne.
- Zbliżenie do ciała obojętnego elektrycznie innego naelektryzowanego pozwala czasem na obrócenie cząsteczek znajdujących się w nim i przyciągnięcie go.
- Prawo Coulomba mówi, że siła oddziaływania pomiędzy dwoma naładowanymi ciałami zależy wprost proporcjonalnie od iloczynu ilości ładunków a odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości między nimi.

### Cele operacyjne:

#### Uczeń:

- wyjaśnia proces elektryzowania substancji;
- przewiduje co się stanie z dwoma ciałami jeśli wie jak są one naładowane;
- rozróżnia jak są naładowane dane substancje;
- wyjaśnia działanie prawa Coulomba.

### Słownictwo:

#### czynne:

- ładunek elektryczny - [electric charge](#)
- dipol elektryczny - [electric dipole](#)
- substancja obojętna elektrycznie – neutralna - [electrically neutral substance](#)
- elektryzowanie - [charging](#)
- ładunki jednoimienne – [like charges](#)
- ładunki różnoimienne – [opposite charges](#)

#### biernie:

- Prawo Coulomba – [Coulomb's law](#)
- pałeczka ebonitowa – [ebonite rod](#)

### Słowniczek:

- **ładunek elektryczny** – elementarny nośnik prądu elektrycznego
- **dipol elektryczny** – układ dwóch różnoimiennych ładunków elektrycznych umieszczonych w pewnej odległości od siebie.
- **substancja obojętna elektrycznie** – neutralna – substancja zawierająca taką samą ilość ładunków dodatnich i ujemnych

---

**Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego**

- **elektryzowanie** – przekazywanie ładunków pomiędzy ciałami obojętnymi elektrycznie na skutek czego następuje zaburzenie równowagi elektrycznej.
- **ebonit** – bardzo twarda guma powstająca na skutek wulkanizacji kauczuku.

## Przebieg zajęć

**CASUM (Conversation About Science Using Media) – klasowa dyskusja o zjawiskach naukowych z wykorzystaniem mediów**

### CASUM 1

Widzimy dwie ręce. Jedna trzyma pałeczkę ebonitową, druga pałeczkę szklaną. Widać jak pałeczka podjeżdża do papierków leżących na stole i nic się nie dzieje. Następnie pocieramy pałeczką o sweter i wtedy papierki „przyklejają się” do niej.

Podobnie w przypadku pałeczki i jedwabiu. Kiedy potrzemy pałeczką o jedwab, a następnie przystawimy go do strumienia wody, woda „odgina się” w stronę pałeczki.

### QTA – propozycje modelowania dialogu

**Nauczyciel:** Opowiedzcie co zauważyliście?

**A. Uczeń nie rozumie:** Nie mam pojęcia co się działo.

**Możliwe pytania nauczyciela:**

- Mówisz, że nie wiesz, co tam widziałeś. Spróbuj to jakoś opisać.
- Opowiedz mi o tym, co widzisz.
- Myślę, że masz jakieś własne spostrzeżenia na ten temat. Może opowiesz mi, co zauważyłeś?
- Czy ktoś chciałby własnymi słowami wyjaśnić, co widzi na tej animacji? (*Nauczyciel może odwołać się imiennie do ucznia, który wyjaśni treść animacji nierozumiejącemu koledze*).

**B. Uczeń częściowo rozumie:** Te rurki najpierw nie przyciągały papierków, a potem tak. LUB To dziwne. Rurki przyciągnęły papierki i wodę, a to przecież nie są magnesy LUB Nie rozumiem dlaczego pocieranie o ubranie powodowało takie zachowanie.

**Możliwe pytania nauczyciela:**

- To cenna obserwacja. Na początku rurki nie przyciągały papierków, a na końcu tak. O co tu może chodzić?
- Dziwisz się, że rurki przyciągały papierki i wodę, choć dobrze wiesz, że ani rurki, ani papierki, ani woda nie są magnesami. To faktycznie zaskakujące. Jak myślisz o co może tu chodzić?
- Zauważyłeś, że kiedy potarto rurkami o ubranie, zachowywały się one inaczej. Opowiedz coś więcej o zachowaniu tych rurek. Co cię zdziwiło?
- Kasia wspomniała o ubraniach. Opowiedzcie mi o nich coś więcej.

**C. Uczeń rozumie:** Te rurki zostały naelektryzowane poprzez potarcie i dlatego papierki się do nich przykleiły, a woda przyciągała. LUB Te rurki zachowywały się tak samo, choć jedna była plastikowa, a druga szklana. LUB Te rurki były pocierane innymi materiałami.

**Możliwe pytania nauczyciela:**

- Mówisz, że rurki zostały naelektryzowane poprzez pocieranie o sweter (*nauczyciel zapisuje hasło „elektryzowanie” na tablicy*). Jak to rozumiesz?
- Zauważyłeś, że rurki różniły się materiałem, z którego zostały wykonane. To cenna informacja, która przyda nam się później. Twierdzisz jednak, że zachowywały się tak samo. O co tu może chodzić?
- Opowiedz, czym różnią się e materiały.

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

**Uczeń:**

- Czasem kiedy zakładam sweter to włosy mi się unoszą i wtedy mama mówi, że się naelektryzowałam. I kiedy czegoś dotknę to wtedy strzela prąd.

**Nauczyciel:**

- To ciekawe co mówisz. Twierdzisz, że tu chodzi o jakiś prąd. Wrócimy jeszcze do twojej myśli, a teraz zobaczmy jak to się stało, że rurki przyciągnęły papierki.

**CASUM 2**

Lupa powiększa skrawki papieru. Widać dipole. Na lasce ebonitowej również widoczne dipole. Nic się nie dzieje.

**QTA – propozycje modelowania dialogu**

Ustalamy z uczniami, że ciało elektrycznie obojętne zbudowane jest z dipoli - cząsteczek obojętnych składających się z ładunków dodatnich i ujemnych. Jeśli ich liczba jest podobna to nie są w żaden sposób naładowane – obojętne. Wówczas nie ma oddziaływania między nimi ani się przyciągają ani odpychają.

**Nauczyciel:** Opowiedzcie co widzicie?

**A. Uczeń nie rozumie:** Nie mam pojęcia co to jest.

**Możliwe pytania nauczyciela:**

- Mówisz, że nie wiesz, co to może być. Spróbuj nam to jakoś opisać.
- Opowiedz mi o tym, co widzisz.
- Myślę, że masz jakieś własne spostrzeżenia na ten temat. Może opowiesz mi, co zauważyłeś?
- Czy ktoś chciałby własnymi słowami wyjaśnić, co widzi na tej animacji? (*Nauczyciel może odwołać się imiennie do ucznia, który wyjaśni treść animacji nierozumiejącemu koledze*).

**B. Uczeń częściowo rozumie:** To widać wewnątrz rurek LUB To wygląda jak jakieś tabletki, ale ma plusy i minusy

**Możliwe pytania nauczyciela:**

- Aaa.. zaglądaliśmy do wnętrza tych przedmiotów. Zrobiliśmy duże przybliżenie. Opowiedz mi o tym co widzisz.
- Przypomina Ci to tabletki, ale zauważyłeś też plusy i minusy. O co tu może chodzić?

**C. Uczeń rozumie:** To są jakieś cząstki. Są takie jajowate, które mają z jednej strony plus, a z drugiej minus. LUB Te cząstki trzęsą się, ale się nie przemieszczają.

**Możliwe pytania nauczyciela:**

- To cenna obserwacja. Te jajowate cząsteczki posiadające plus i minus to ładunki elektryczne, które znajdują się w każdym ciele. Możemy je nazwać dipolami elektrycznymi (*nauczyciel zapisuje słowo „dipol elektryczny” na tablicy i obok rysuje go symbolicznie*). Opowiedz coś o ich ułożeniu.
- Mówisz, że dipole w rurkach i papierze tylko się trzęsą, czyli tak delikatnie drgają ale się nie przemieszczają. Opowiedz co się działo z dipolami, gdy przybliżyliśmy rurkę do papieru.

**Uczeń:**

- Ułożenie cząsteczek w szklanej, ebonitowej rurce i papierze jest zupełnie inne, ale wszystkie mają tylko te dipole.

---

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

---

- Kiedy rurka dotykała papierków to nic się nie zmieniało i pewnie dlatego papierki się nie przykleiły.

**Nauczyciel:**

- Pamiętacie jak rozmawialiśmy o przewodnikach i izolatorach. Zastanawiam się do jakiej grupy zaliczylibyśmy te przedmioty. Jak myślicie?
- Faktycznie, podczas zbliżania rurek do papierków nic się nie działo i myślisz, że to dlatego papierki się nie przyklejały. Jak sądzisz, co musiałoby się stać, żeby papierki się przykleiły?

**Uczeń:**

- Te przedmioty to izolatory. One nie przewodzą prądu.
- One by się przykleiły gdyby plus na rurce przyciągał się z minusem na papierku.

**Nauczyciel (inicjująco do kolejnej animacji):**

- To ciekawe co mówicie. Zobaczcie jak to się dzieje, że przedmioty które są izolatorami mogą się elektryzować i przyciągać inne przedmioty.

**CASUM 3**

Podczas pocierania słomką o włosy widać przez lupę, że część dipoli na swetrze rozpada się i Elektrony przechodzą na łaskę ebonitową. Podczas pocierania łaski szklanej jedwabiem, dipole na łasce pękają i ich ujemna część przechodzi na jedwab.

Łaska ebonitowa naładowana jest ujemnie, a łaska szklana dodatnio.

**QTA – propozycje modelowania dialogu**

To jest właśnie elektryzowanie przez pocieranie. Niektóre ciała chętniej oddają ładunki, a inne przyjmują. Różne ciała różnie się elektryzują, chodzi o to jaki ładunek gdzie przepłynął.

**Nauczyciel:** Co zaobserwowaliście?

**A. Uczeń nie rozumie:** Nic z tego nie rozumiem.

**Możliwe pytania nauczyciela:**

- Opowiedz mi o tym, co widzisz.
- Myślę, że masz jakieś własne spostrzeżenia na ten temat. Może opowiesz mi, co zauważyłeś?
- Czy ktoś chciałby własnymi słowami wyjaśnić, co widzi na tej animacji? *(Nauczyciel może odwołać się imiennie do ucznia, który wyjaśni treść animacji nierozumiejącemu koledze).*

**B. Uczeń częściowo rozumie:** Pocierano rurkami o wełnę i jedwab.

**Możliwe pytania nauczyciela:**

- Opowiedz co działo się podczas tego pocierania.

**C. Uczeń rozumie:** Podczas pocierania dipole pękały i te swobodne cząsteczki przeskakiwały z rurki na wełnę i z wełny na rurkę, ale inaczej w każdej rurce. LUB Podczas pocierania rurki ebonitowej większość minusów z wełny przeszła na rurkę, a podczas pocierania rurki szklanej to minusy z rurki przeszły na jedwab

**Możliwe pytania nauczyciela:**

- To cenna obserwacja. Swobodne ładunki przeskakiwały pomiędzy przedmiotami. Opowiedz coś o tej zamianie cząstek.

---

**Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego**

---

- Zauważyłeś, że tkanina i rurka wymieniły się ładunkami. To jest właśnie elektryzowanie przez pocieranie. A co możesz powiedzieć o dipolach. Co się z nimi dzieło?
- Zauważyłeś, że w przypadku laski ebonitowej wełna oddała ładunki ujemne, czyli elektrony. Z rurką szklaną było na odwrót. O co tu może chodzić?
- To cenna informacja. Zarówno wełna, jak i jedwab elektryzują pałeczki z różnych materiałów w ten różny sposób. O co więc chodzi z tymi różnymi ładunkami?

**Uczeń:**

- Dipole się nie ruszały i nie zamieniały. Tylko te swobodne ładunki.
- Może różne ciała różnie się elektryzują. Ebonit minusowo, a szkło plusowo.

**Nauczyciel:**

- Zgadza się, niektóre ciała chętniej oddają ładunki a inne przyjmują. Poprzez pocieranie zmieniliśmy rozkład ładunków z neutralnego na ujemny w rurce ebonitowej i dodatni w rurce szklanej.

**Nauczyciel (inicjująco do kolejnej animacji):**

- Zobaczmy teraz jak to się dzieje, że zmienione pod względem rozkładu ładunków rurki przyciągają przedmiot obojętny elektrycznie.

**CASUM 4**

Widać jeszcze raz CASUM 3. Następnie laski zbliżają się do papierków. Widać przez lupę jak dipole na papierkach obracają się. Papier jest przyciągany do rurek.

**QTA – propozycje modelowania dialogu**

Ustalamy z uczniami, że ładunki różnoimienne się przyciągają, a ponieważ zmieniliśmy rozkład ładunków z neutralnego na ujemny w rurce, pozwala to nam przyciągnąć papierek neutralny poprzez orientację cząsteczek.

**Nauczyciel:** Co zaobserwowaliście?

**A. Uczeń nie rozumie:** Nic z tego nie rozumiem.

**Możliwe pytania nauczyciela:**

- Opowiedz mi o tym, co widzisz.
- Myślę, że masz jakieś własne spostrzeżenia na ten temat. Może opowiesz mi, co zauważyłeś?
- Czy ktoś chciałby własnymi słowami wyjaśnić, co widzi na tej animacji? (*Nauczyciel może odwołać się imiennie do ucznia, który wyjaśni treść animacji nierozumiejącemu koledze*).

**B. Uczeń częściowo rozumie:** Papierki zostały przyciągnięte do rurek.

**Możliwe pytania nauczyciela:**

- Trafna obserwacja. Opowiedz co dzieło się z ładunkami podczas tego przyciągania.

**C. Uczeń rozumie:** Wszystkie dipole w papierku ustawiły się stroną dodatnią do rurki ebonitowej, bo tam były minusy, czyli elektrony. LUB Ładunki różnoimienne, czyli plus i minus tak jak w magnesach się przyciągają i dlatego papier przykleił się do rurki.

**Możliwe pytania nauczyciela:**

- To cenna obserwacja. Naelektryzowana rurka miała tyle elektronów, że z ich pomocą zmieniła orientację, czyli sposób ułożenia dipoli w papierze.

---

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

---

- Zauważyłeś, że papier przylgnął do rurki, gdyż ładunki były różnoimienne. Podoba mi się twoje skojarzenie z magnesami. Ładunki elektryczne zachowują się podobnie jak bieguny magnetyczne. Te różnoimienne się przyciągają.

### CASUM 5

Widać jak laski: ebonitowa i szklana zostają naelektryzowane przez wełnę i jedwab. Następnie naładowane laski zostają powieszone jak wahadła.

#### QTA – propozycje modelowania dialogu

**Nauczyciel:** Co zaobserwowaliście?

**A. Uczeń nie rozumie:** Nic z tego nie rozumiem.

#### Możliwe pytania nauczyciela:

- Opowiedz mi o tym, co widzisz.
- Myślę, że masz jakieś własne spostrzeżenia na ten temat. Może opowiesz mi, co zauważyłeś?
- Czy ktoś chciałby własnymi słowami wyjaśnić, co widzi na tej animacji? (*Nauczyciel może odwołać się imiennie do ucznia, który wyjaśni treść animacji nierozumiejącemu koledze*).

**B. Uczeń częściowo rozumie:** Rurki zostały zawieszone na nitce.

#### Możliwe pytania nauczyciela:

- Opowiedz coś więcej o tych rurkach.

**C. Uczeń rozumie:** Laski zostały naelektryzowane i powieszone jak wahadła.

#### Możliwe pytania nauczyciela:

- To cenna obserwacja. Zauważyłeś, że laski naelektryzowano. Opowiedz o tym jak zostały naelektryzowane.

### CASUM 6

Laski naładowane tak samo próbują się odpychać, a laski naładowane przeciwnie próbują się przyciągać.

#### QTA – propozycje modelowania dialogu

**Nauczyciel:** Co zaobserwowaliście?

**A. Uczeń nie rozumie:** Nic z tego nie rozumiem.

#### Możliwe pytania nauczyciela:

- Opowiedz mi o tym, co widzisz.
- Myślę, że masz jakieś własne spostrzeżenia na ten temat. Może opowiesz mi, co zauważyłeś?
- Czy ktoś chciałby własnymi słowami wyjaśnić, co widzi na tej animacji? (*Nauczyciel może odwołać się imiennie do ucznia, który wyjaśni treść animacji nierozumiejącemu koledze*).

**B. Uczeń częściowo rozumie:** Te rurki raz się przyciągały, a raz nie.



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

**Możliwe pytania nauczyciela:**

- Trafna obserwacja. Raz chciały się przyciągnąć, innym razem nie. Jak myślisz, o co tu może chodzić?

**C. Uczeń rozumie:** Inne ładunki się przyciągają, a takie same odpychają. To tak jak w magnesach

**Możliwe pytania nauczyciela:**

- To cenna obserwacja. Różne ładunki elektryczne, czyli ładunki różnoimienne przyciągają się podobnie jak w przypadku różnoimiennych biegunów magnesu.

**Nauczyciel (inicjująco do kolejnej animacji):** Powiedzieliście właśnie, że ładunki elektryczne jednoimienne się odpychają, a różnoimienne przyciągają. Zastanawiam się z jaką siłą to robią. Zobaczmy.

**CASUM 7**

Widać dwie sfery wypełnione kulkami z ładunkami dodatnimi, w każdej kuli znajduje się 10 ładunków. W chwili początkowej kule znajdują się w odległości 10m od siebie. Pojawiają się wektory skierowane przeciwnie. Zbliżyły je kolejno do odległości 5m i 1m. Odległości 10m – siła=1N, 5m – siła=4N, 1m – siła=100N. Obok pojawia się wzór do którego wstawiane są odpowiednie wartości.

**QTA – propozycje modelowania dialogu**

Uczniowie mają zobaczyć, że siła oddziaływania maleje z kwadratem odległości.

**Nauczyciel:** Co zaobserwowaliście?

**A. Uczeń nie rozumie:** Nic z tego nie rozumiem.

**Możliwe pytania nauczyciela:**

- Opowiedz mi o tym, co zaobserwowałeś.
- Myślę, że masz jakieś własne spostrzeżenia na ten temat. Może opowiesz mi, co zauważyłeś?
- Czy ktoś chciałby własnymi słowami wyjaśnić, co widzi na tej animacji? (*Nauczyciel może odwołać się imiennie do ucznia, który wyjaśni treść animacji nierozumiejącemu koledze*).

**B. Uczeń częściowo rozumie:** Były dwa pudełka z ładunkami i one się odpychały.

**Możliwe pytania nauczyciela:**

- Trafna obserwacja. Opowiedz coś o sile z jaką się odpychały.

**C. Uczeń rozumie:** Im były bliżej tym się mocniej odpychały. A im dalej tym słabiej.

**Możliwe pytania nauczyciela:**

- To cenna obserwacja. Siła oddziaływania maleje wraz z odległością. O co chodzi z tym wzorem? Jak to rozumiesz?

**Uczeń:**

- To jest ułamek i mnoży się ilość ładunków po jednej i po drugiej stronie, a potem dzieli przez odległość podniesioną do kwadratu.



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

**Nauczyciel:**

- Świetnie oswoiłeś ten wzór. Możemy więc powiedzieć, że siła maleje wraz z kwadratem odległości

**Nauczyciel (inicjująco do kolejnej animacji):** Jest jeszcze coś oprócz odległości co decyduje o sile oddziaływania pomiędzy ładunkami elektrycznymi. Spójrzmy.

### CASUM 8

Widać dwie sfery przezroczyste wypełnione kulkami z ładunkami dodatnimi w każdej 10 ładunków dodatnich a w drugiej 10 ładunków ujemnych. W chwili początkowej kule znajdują się w odległości 10m od siebie. Pojawiają się wektory skierowane do siebie. Zbliżamy kule do odległości 1m napis „siła =100N” Po naduszeniu „kliknij aby kontynuować” w każdej ze sfer jest tylko 1ładunek; następnie dodajemy do sfer ładunki na przemian po jednym dodatnim i ujemnym. Widać jak wzrasta siła. Obok pojawia się wzór do którego wstawiane są odpowiednie wartości.

### QTA – propozycje modelowania dialogu

Idea: Siła oddziaływania zależy od iloczynu ilości ładunków.

**Nauczyciel:** Co zaobserwowaliście?

**A. Uczeń nie rozumie:** Nic z tego nie rozumiem.

**Możliwe pytania nauczyciela:**

- Opowiedz mi o tym, co zaobserwowałeś.
- Myślę, że masz jakieś własne spostrzeżenia na ten temat. Może opowiesz mi, co zauważyłeś?
- Czy ktoś chciałby własnymi słowami wyjaśnić, co widzi na tej animacji? (*Nauczyciel może odwołać się imiennie do ucznia, który wyjaśni treść animacji nierozumiejącemu koledze*).

**B. Uczeń częściowo rozumie:** Do pudełek dorzucaliśmy ładunki.

**Możliwe pytania nauczyciela:**

- Trafna obserwacja. Opowiedz co się działo, gdy dorzucaliśmy kolejne ładunki.

**C. Uczeń rozumie:** Im więcej ładunków tym silniej się przyciągają.

**Możliwe pytania nauczyciela:**

- To cenna obserwacja. Siła oddziaływania wzrasta wraz z ilością ładunków. O co chodzi z tymi ładunkami we wzorze?

**Uczeń:**

- Trzeba mnożyć liczbę ładunków po jednej i po drugiej stronie. Nie musi być równo po obu stronach a wynik zależy od iloczynu.

**Nauczyciel:**

- Myślisz jak prawdziwy naukowiec. Siła zależy od iloczynu ładunków po obydwu stronach.

**Nauczyciel (podsumowując):** Dzisiaj dowiedzieliśmy się jak wzbudzić chwilowy i mały przepływ prądu nawet w izolatorach. Wiemy już też od czego zależy siła oddziaływania pomiędzy dwoma naładowanymi ciałami. Spróbujcie własnymi słowami opowiedzieć i podsumować to co dzisiaj odkryliśmy.

## TUTORIAL – indywidualna praca ucznia z wirtualną nauczycielką

*Każdy uczeń przystępuje do pracy z programem komputerowym. Uczniowie używają słuchawek, co umożliwia samodzielne dostosowanie tempa nauki do indywidualnych potrzeb.*

## PODSUMOWANIE

**Doświadczenie (opcjonalnie):** Uczniowie konstruują wiatraczek elektrostatyczny. Instrukcja zrobienia w zdjęciach zamieszczona na stronie: <http://www.arvindguptatoys.com/toys/Strawstatic.html>

**Nauczyciel:** Spróbujmy teraz znaleźć jakieś przykłady z waszego codziennego życia, które będą potwierdzeniem poznanych dzisiaj zjawisk.

*Uczniowie podają przykłady, a następnie nauczyciel uzupełnia przykłady uczniów lub modeluje dialog. Jest również czas na odesłanie uczniów do artykułów w miniSieciWWW (opcja dla uczniów gimnazjum).*

## GŁOSARIUSZ – lista słów wprowadzonych w TUTORIALU w języku angielskim

jednoimiennie naładowane przedmioty	like-charged objects
ładunek dodatni	positive charge
ładunek ujemny	negative charge
odpychać się	repel each other
pocierać	rub
przyciągać się	attract each other
różnoimiennie naładowane przedmioty	opposite-charged objects
rurka ebonitowa	ebonite rod