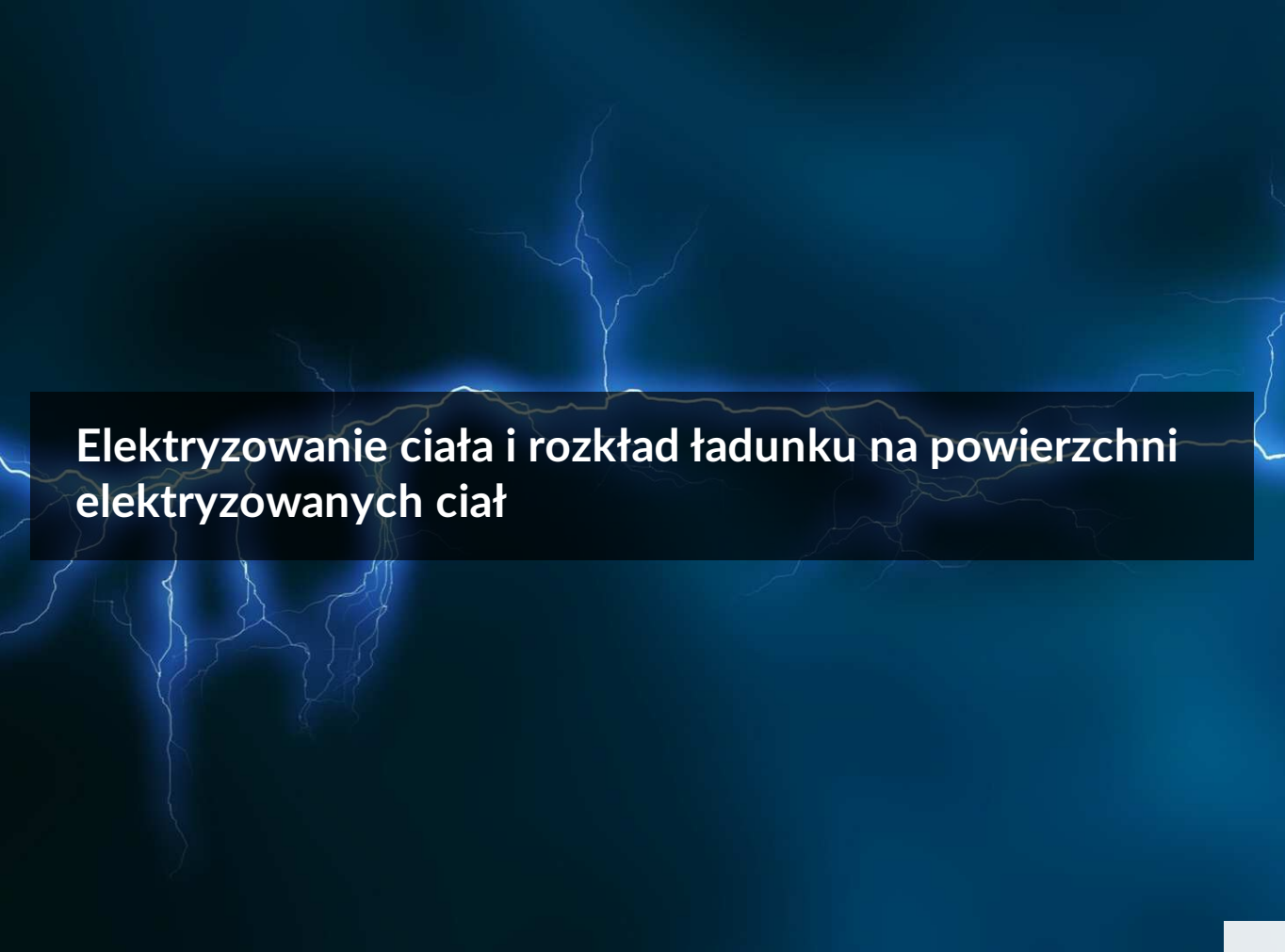




Elektryzowanie ciała i rozkład ładunku na powierzchni elektryzowanych ciał

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Wirtualne laboratorium WL-I](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Elektryzowanie ciała i rozkład ładunku na powierzchni elektryzowanych ciał

Czy to nie ciekawe?

Czy zdarzyło Wam się kiedyś, że podczas jazdy ruchomymi schodami, gdy chcieliście dotknąć poręczy, między poręczą a Waszą ręką przeskoczyła iskra? Albo gdy ściągaliście przez głowę wełniany sweter, czy zauważyliście, że wasze włosy stanęły dęba i trochę trwało zanim udało się Wam je zdyscyplinować? Dlaczego tak się stało? Co wspólnego mają ze sobą sterczące po zdjęciu swetra we wszystkich kierunkach włosy i oblepiony styropianowymi kulkami kot (Fot. a.)? Słowem – kluczem wszystkich tych (i całej masy innych – jakich? – podaj przykłady) obserwacji jest „elektryzowanie”. Zjawisku elektryzowania jest poświęcony ten e-materiał.



Fot. a. Kot oblepiony kawałkami styropianu.

Twoje cele

- dowiesz się, jakie są metody elektryzowania ciał,
- wyjaśnisz, czym jest szereg tryboelektryczny,
- zrozumiesz, w jaki sposób ładunek rozkłada się na powierzchni przewodników,
- przeprowadzisz doświadczenie w wirtualnym laboratorium, w którym zademonstrujesz zjawisko elektryzowania przez tarcie różnych par materiałów.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Na początku zastanówmy się, czym jest elektryzowanie.

Elektryzowanie

(ang.: *triboelectric effect*) to przeniesienie na obojętne elektrycznie ciało ładunku lub odebranie takiemu ciału ładunku.

Wyróżniamy trzy sposoby elektryzowania ciał:

- przez tarcie,
- przez dotyk,
- przez indukcję.

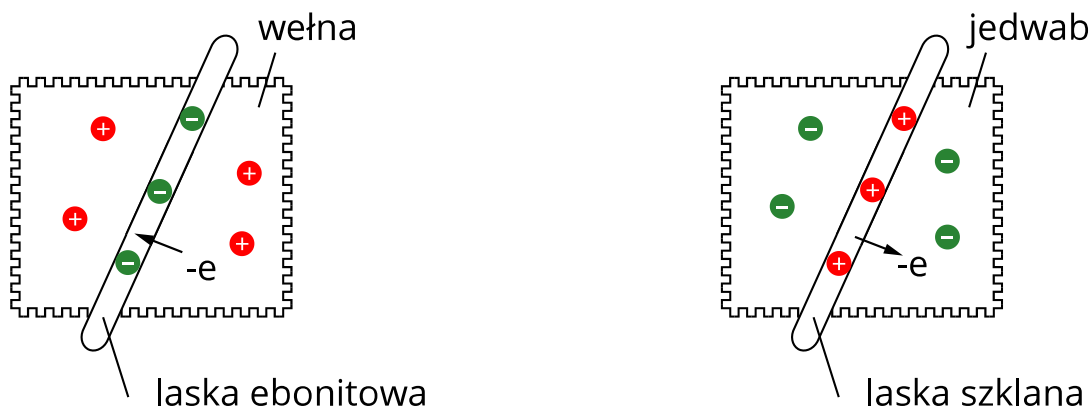
Omówmy po kolei każdy z tych sposobów.

Ważne!

Elektryzowanie przez tarcie polega na przemieszczaniu się elektronów między dwoma, obojętnymi elektrycznie, pocieranymi ciałami. W konsekwencji na jednym z ciał uzyskujemy nadmiar elektronów – ciało to będzie naładowane ujemnie, a na drugim ich niedobór – to ciało zostanie naelektryzowanie dodatnio.

Efekty elektryzowania przez pocieranie możesz zaobserwować zdejmując wełniany sweter. W podobny sposób elektryzuje się sierść głaskanego kota i poręcz przy ruchomych schodach. Zapewne skutki takiego elektryzowania są Wam i niektórym kotom – dobrze znane. Zapadają one w pamięć zwłaszcza wtedy, gdy podczas kontaktu z naelektryzowanymi ciałami dochodzi do niewielkich wyładowań.

To, w jaki sposób naelektryzuje się ciało – dodatnio, czy ujemnie – jest cechą charakterystyczną materiału, z jakiego zostało wykonane. Na przykład pocierana wełną laska **ebonitowa** elektryzuje się ujemnie, natomiast pocierana jedwabiem laska szklana elektryzuje się dodatnio (Rys. 1.).



Rys. 1. Schemat doświadczenia ilustrującego elektryzowanie przez tarcie (szczegółowy opis rysunku umieszczono w tekście).

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Informację o tym w jaki sposób elektryzuje się dany materiał (dodatnio, czy ujemnie) można znaleźć w tzw. [szeregu tryboelektrycznym](#). Szereg ten zawiera zestawienie materiałów uszeregowanych pod względem znaku oraz ładunku, jakim się one elektryzują podczas pocierania. Wyciąg z takiego szeregu został pokazany na poniższej grafice.

SZEREK TRYBOELEKTRYCZNY



Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

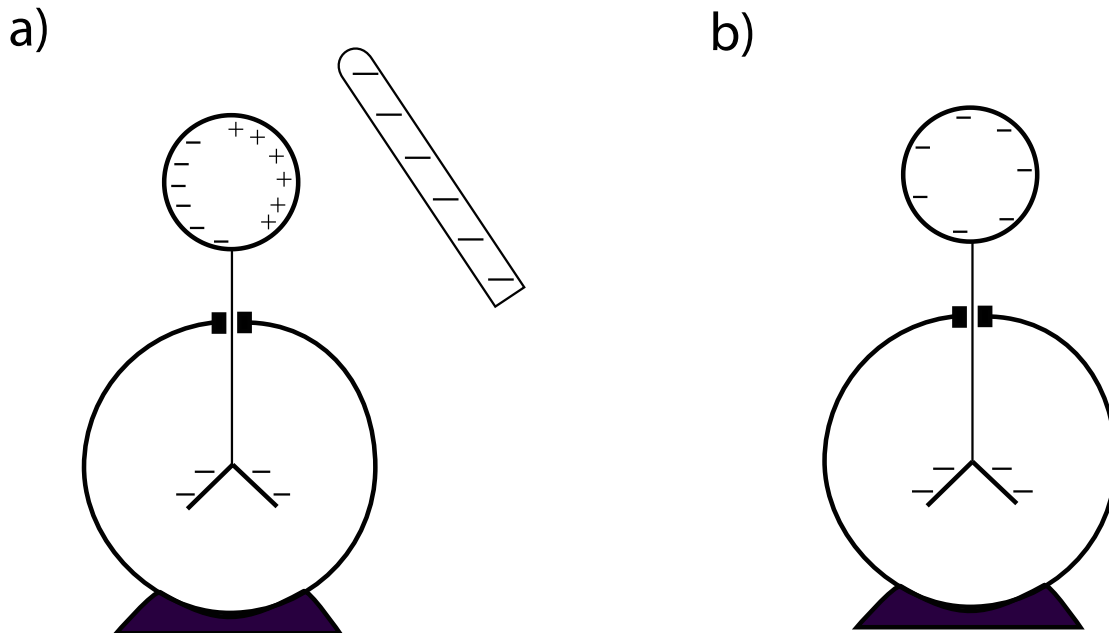
Ważne!

Elektryzowanie przez dotyk polega na przeniesieniu ładunku z naelektryzowanego wcześniej ciała, na inne ciało.

Jako przykład przeanalizujemy następujące doświadczenie:

Mamy laskę [ebonitową](#), która została potarta wełną, a więc jest naelektryzowana ujemnie. Chcemy sprawdzić, czy ładunek rzeczywiście znajduje się na lasce. Gdy zbliżymy laskę do elektrody [elektroskopy](#) jego listki rozchylą się. Stanie się tak, ponieważ na laski

elektroskopu przepłyną, odepchnięte przez ujemny ładunek laski, elektrony z elektrody (Rys. 2. a.). Zetknięcie laski z elektrodą elektroskopu sprawi, że część ładunku z laski na trwałe przepłynie na elektroskop. Z tego powodu, gdy ebonitowa laska zostanie oddalona od elektroskopu, jego listki pozostaną rozchylone (Rys. 2. b.) – **elektroskop został przez dotyk naładowany ładunkiem ujemnym**.



Rys. 2. Schemat doświadczenia ilustrującego elektryzowanie przez dotyk (szczegółowy opis rysunku umieszczono w tekście).

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Ważne!

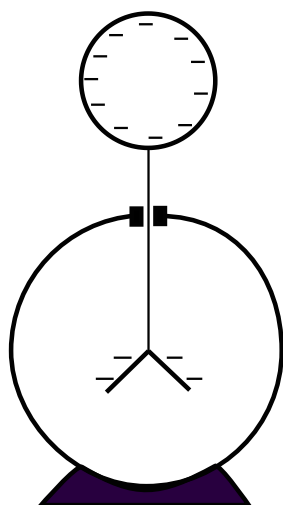
Elektryzowanie przez indukcję następuje w skutek zbliżenia ciała naelektryzowanego do ciała obojętnego elektrycznie. Nie dochodzi w nim do kontaktu ciał.

W metalach polega ono na czasowym przemieszczeniu się elektronów swobodnych z jednej części ciała do innej. Ten rodzaj elektryzowania jest nietrwały. Po oddaleniu ciała naelektryzowanego, naelektryzowanie ciała początkowo obojętnego zanika.

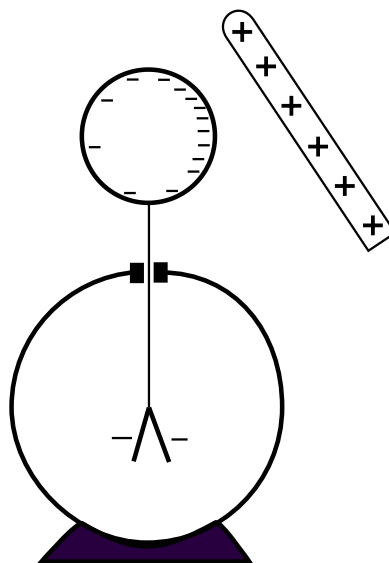
Jako przykład rozpatrzy następujące doświadczenie:

Mamy naładowany ujemnie **elektroskop** (Rys. 3. a.) i szklaną laskę, która została potarta jedwabną szmatką, a więc jest naelektryzowana dodatnio. Chcemy sprawdzić, czy na lasce rzeczywiście znajduje się ładunek dodatni. Gdy zbliżymy laskę do elektrody elektroskopu jego rozchylone listki nieco opadną (Rys. 3. b.). Stanie się tak, ponieważ ujemny ładunek z listków elektroskopu zostanie przyciągnięty przez dodatni ładunek szklanej laski i odpłynie w kierunku elektrody – **na elektrodzie elektroskopu zostanie wyindukowany dodatkowy ładunek ujemny**, który zniknie, gdy oddalimy szklaną laskę.

a)



b)



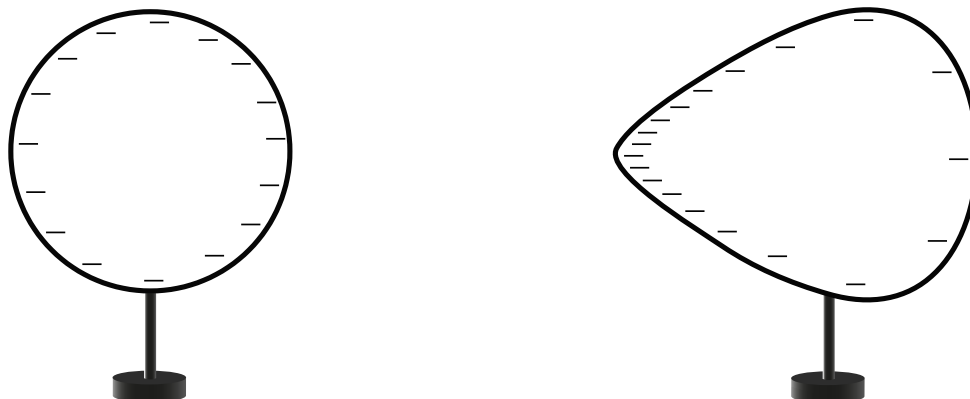
Rys. 3. Schemat doświadczenia ilustrującego elektryzowanie przez indukcję (szczegółowy opis rysunku umieszczono w tekście).

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Więcej informacji na temat elektryzowania przez indukcję znajdziesz w e-materiale pt. „Elektryzowanie przez indukcję”).

Wiemy już, w jaki sposób możemy naelektryzować ciała, ale **w jaki sposób naniesiony ładunek rozkłada się w naelektryzowanym ciele?**

W przewodnikach ładunki mogą się swobodnie przemieszczać. Oznacza to, że jeśli naładujemy przewodnik ładunkiem elektrycznym to okaże się, że cały ładunek zgromadzony jest na jego powierzchni. Wynika to z faktu, że ładunki jednoimienne odpychają się i będą dążyć do takiego rozkładu, by minimalizować oddziaływanie coulombowskie. W przypadku metalowej kuli wszystkie ładunki zgromadzą się na powierzchni tej kuli (Rys. 4. a.). W przypadku przewodników o innych kształtach niż kula ładunki będą gromadzić się chętniej na powierzchniach o mniejszym promieniu krzywizny – na ostrzach (Rys. 4. b).



Rys. 4. Rozkład na ładunku na powierzchni przewodników o różnych kształtach.

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Na koniec rozważmy jeszcze jeden ciekawy przykład rozkładu ładunku na powierzchni przewodnika – tzw. **puszkę Faradya**. Jeśli za pomocą naelektryzowanej pałki naniesiemy ładunek do wnętrza metalowej puszki, ładunek ten rozłoży się na jej zewnętrznej powierzchni. Stanie się tak dlatego, ponieważ ładunki jednoimienne odpychają się od siebie i w stanie równowagi ułożą się w taki sposób, by odległości między nimi były jak największe, czyli na zewnętrznej powierzchni puszki.

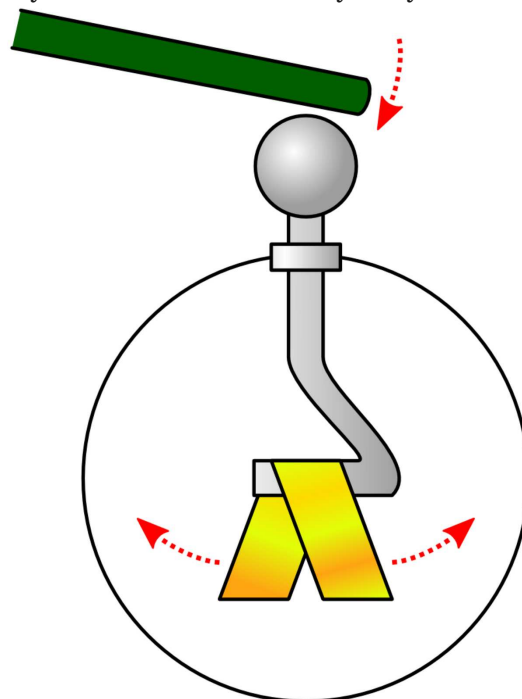
Słowniczek

ebonit

(ang.: *ebonite*) inaczej twarda guma – tworzywo sztuczne otrzymywane w wyniku wulkanizacji naturalnego lub sztucznego kauczuku. Podczas pocierania wełnianą szmatką ebonit elektryzuje się ujemnie, a szmatka dodatnio (z j. greckiego: *ebonos* – heban).

elektroskop

(ang. *elektroskope*) – elektroskop (zob. ilustrację poniżej) to przyrząd do wykrywania i określania ładunku elektrycznego. Elektroskop składa się z uziemionej obudowy i metalowego słupka odizolowanego od obudowy zakończonego na górze metalową kulką lub blaszką. Do słupka przymocowany jest prostokątny listek z cienkiej i lekkiej folii przewodzącej prąd. Po naelektryzowaniu słupka i listków przez dotknięcie, następuje odpychanie się jednoimiennych ładunków elektrycznych i listki wychylają się.

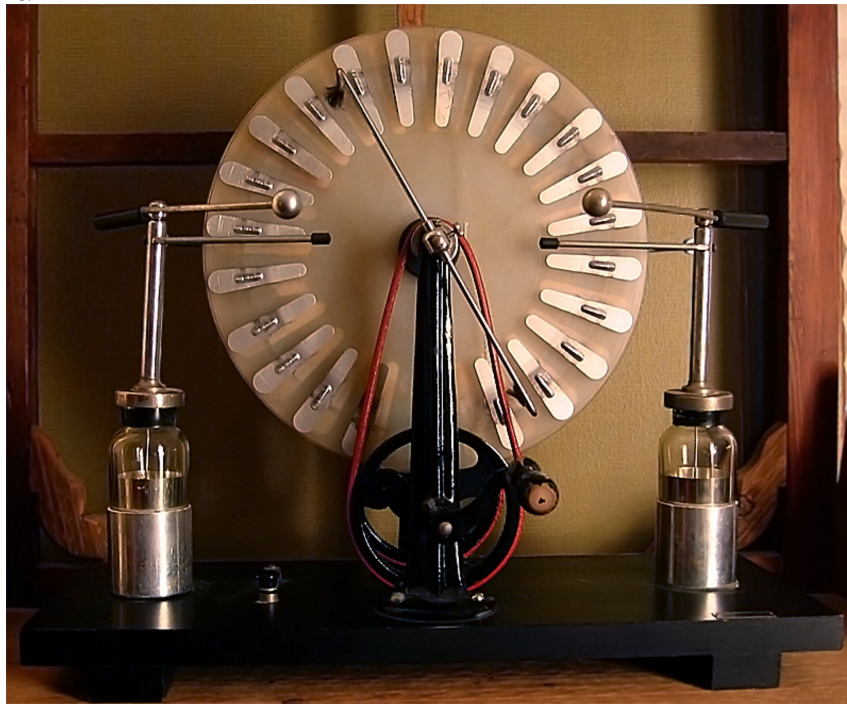


Źródło: dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electroscope.png> [dostęp 9.10.2022], licencja: CC BY-SA 3.0.

maszyna elektrostatyczna

(ang. *electrostatic generator*) – prosta maszyna służąca do wytwarzania ładunków elektrycznych, które następnie są magazynowane za pomocą butelek lejdejskich (zob.

fotografię poniżej).



Źródło: dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wimshurst.jpg> [dostęp 9.10.2022], domena publiczna.

Maszyna elektrostatyczna składa się z dwóch tarcz izolacyjnych, które za pomocą korbki i odpowiedniej przekładni obracamy w przeciwnych kierunkach. Na zewnętrznej stronie tarczy są nałożone aluminiowe segmenty. Na osi obrotu tarcz z obu stron są umocowane metalowe pręty, zaopatrzone na końcach w metalowe szczotki, które dotykają segmentów aluminiowych. Na wysokości poziomej średnicy tarcz są umocowane zgięte pręty, opatrzone ostrzami (tzw., grzebieniami), które są zwrócone do obu tarcz, ale nie dotykają ich. Ostrza te zbierają ładunki, które są doprowadzone do iskiernika. Iskiernik stanowią dwie kulki na prętach metalowych opatrzonych ebonitowymi uchwytami. Kulki iskiernika są połączone z dwiema wewnętrznymi okładkami butelki lejdejskiej. Okładki zewnętrzne tych butelek są połączone prętem poziomym. Podczas obracania tarczy powstają ładunki, które są zbierane przez grzebień i między iskiernikami powstaje duża różnica potencjałów, co powoduje przeskok iskry.

puszka Faraday'a

(ang.: *Faraday's can*) puszka wykonana z metalowej blachy lub z metalowej siatki (zob. fotografię poniżej).



Klatka (puszka) Faraday'a, a w niej - elektroskop.

Źródło: dostępny w internecie: http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/files/elmag/klatka_big-pl.html [dostęp 9.10.2022], tylko do użytku edukacyjnego.

szereg tryboelektryczny

(ang.: *triboelectric series*) - zestawienie materiałów pod względem ich biegunowości i wielkości ładunku wytwarzanego podczas zetknięcia i rozdzielania dwóch materiałów. Kolejność materiałów w szeregu pozwala wnioskować, które materiały wykazują większą skłonność do elektryzowania się ładunkiem dodatnim, które zaś ujemnym.

Wirtualne laboratorium WL-I

Elektryzowanie ciał przez tarcie

Przeprowadź dwuczęściowy eksperyment w wirtualnym laboratorium. Wykonaj ćwiczenia i polecenia związane z wyposażeniem laboratorium, przeprowadzeniem pomiarów i opracowaniem ich wyników.

Doświadczenie 1

Badanie elektryzowania się ciał przez tarcie

Problem badawczy

Od czego zależy elektryzowanie się ciał przez tarcie?

Hipoteza

Znak i wartość zgromadzonego na jednym z ciał ładunku zależy od rodzaju trących powierzchni. Ponadto dłuższe pocieranie zwiększa ilość tego ładunku.

Co będzie potrzebne

Ćwiczenie 1

Dwaj uczniowie przygotowywali się do doświadczenia, w którym mieli określić, od czego zależy elektryzowanie się ciał przez tarcie. Nie mogli jednak dojść do porozumienia, jakie przyrządy i materiały będą im potrzebne. Jeden z nich sporządził ich listę (zamieszczoną poniżej), ale drugi twierdził, że są na niej rzeczy niepotrzebne do tego eksperymentu.

Rozstrzygnij spór uczniów zaznaczając te przedmioty, które z pewnością są potrzebne do przeprowadzenia ich eksperymentu.

☐ Elektroskop

☐ Maszyna elektrostatyczna

☐ Pałeczka do elektryzowania wykonana z badanego materiału

☐ Pałeczka do elektryzowania wykonana z innego materiału

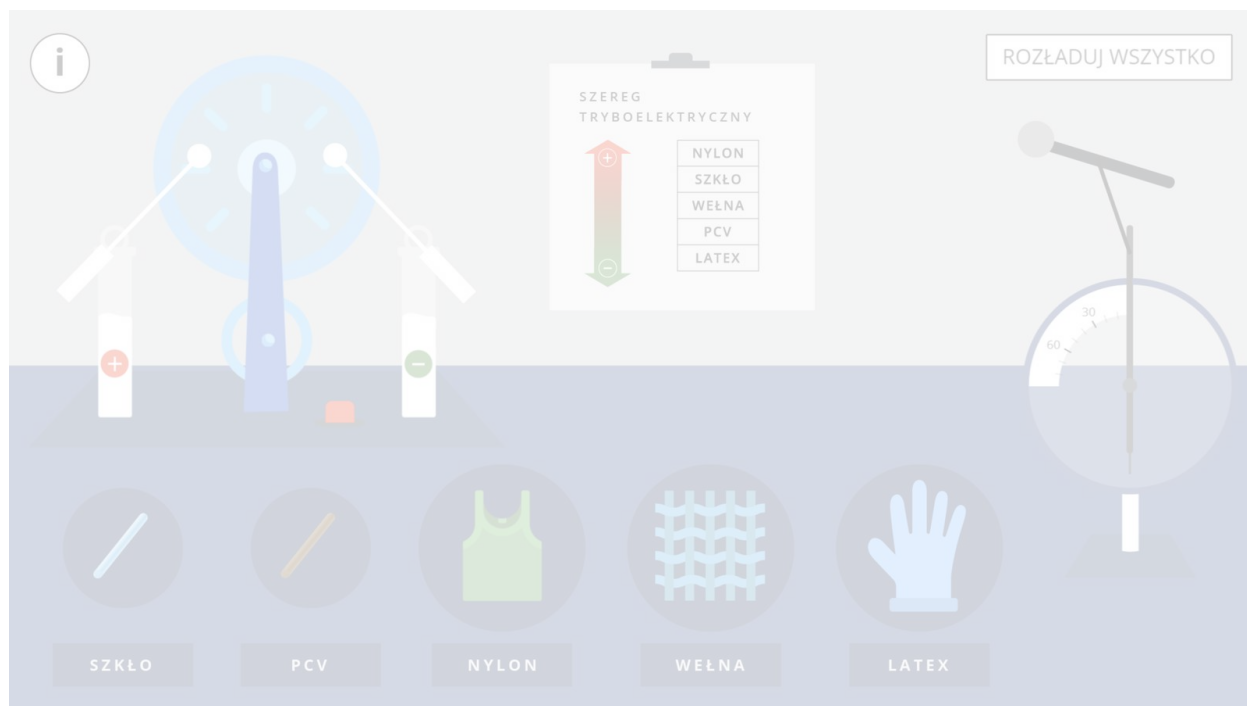
☐ Ściereczka do elektryzowania wykonana z badanego materiału

☐ Ściereczka do elektryzowania wykonana z innego materiału

Instrukcja

Przeprowadź doświadczenie w celu sprawdzenia hipotezy badawczej. Wykonaj poniższe czynności:

1. Zapoznaj się z działaniem wirtualnego laboratorium i jego instrukcją obsługi.
2. W szczególności, przetestuj działanie maszyny elektrostatycznej i pomiar ładunku elektrycznego zgromadzonego na jej elektrodach.
3. Sprawdź, czy dłuższe działanie maszyny powoduje zgromadzenie na jej elektrodach większego ładunku elektrycznego.
4. Aby nauczyć się obsługiwać wirtualne laboratorium, przeprowadź próbne doświadczenie, w którym wyznaczysz wartość ładunku zgromadzonego na pałeczce po potarciu jej o ściereczkę. Zwróć uwagę, że wartość ta będzie podana w jednostkach umownych.
5. Wykonaj trzy opisane niżej serie pomiarowe, sprawdzając każdy z elementów hipotezy badawczej.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DzNNKd7uE>

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Seria A. Sprawdź, czy znak zgromadzonego ładunku zależy rodzaju trących ciał.

Dokonaj pomiaru ładunku zgromadzonego podczas pocierania PCV o nylon a następnie

szkła o LATEX. Wyniki zapisz w tabeli pamiętając, że ładunek zgromadzony na pałeczce jest różnicą ładunku końcowego i początkowego.

Seria A. Wyniki pomiarów.

Ładunek początkowy z maszyny elektrostatycznej [jedn. um.]:

Pałeczka	Ściereczka	Ile razy pocierano	Ładunek końcowy [jedn. um.]	Ładunek na pałeczce [jedn. um.]	Znak ładunku na pałeczce

Seria B. Sprawdź, czy wartość zgromadzonego ładunku zależy rodzaju trących ciał. Dokonaj pomiaru ładunku zgormadzonego podczas pocierania PCV o NYLON a następnie PCV o WEŁNĘ. Wyniki zapisz w tabeli pamiętając, że ładunek zgromadzony na pałeczce jest różnicą ładunku końcowego i początkowego.

Seria B. Wyniki pomiarów.

Ładunek początkowy z maszyny elektrostatycznej [jedn. um.]:

Pałeczka	Ściereczka	Ile razy pocierano	Ładunek końcowy [jedn. um.]	Ładunek na pałeczce [jedn. um.]	Znak ładunku na pałeczce

--	--	--	--	--	--

Seria C. Sprawdź, czy wartość zgromadzonego ładunku zależy czasu pocierania.

Dokonaj pomiaru ładunku zgromadzonego podczas pocierania PCV o NYLON określoną liczbę razy (np. 10) a następnie o połowę mniejszą liczbę razy. Wyniki zapisz w tabeli pamiętając, że ładunek zgromadzony na pałeczce jest różnicą ładunku końcowego i początkowego.

Seria C. Wyniki pomiarów.

Ładunek początkowy z maszyny elektrostatycznej [jedn. um.]:

--

Pałeczka	Ściereczka	Ile razy pocierano	Ładunek końcowy [jedn. um.]	Ładunek na pałeczce [jedn. um.]	Znak ładunku na pałeczce
----------	------------	-----------------------	-----------------------------------	---------------------------------------	-----------------------------

--	--	--	--	--	--

Podsumowanie

Ćwiczenie 2

Zapisz krótkie podsumowanie wyników doświadczenia. Czy hipoteza badawcza potwierdziła się? Zwróć uwagę na to, że wyniki doświadczenia mają character jakościowy, a nie ilościowy.

Doświadczenie 2

Szereg tryboelektryczny

Problem badawczy

Doświadczalne ułożenie szeregu tryboelektrycznego wybranych materiałów.

Hipoteza

Ćwiczenie 3

Sformułuj własną hipotezę badawczą, czyli ustaw podane materiały w **szereg tryboelektryczny**, którego poprawność będziesz badać.

Szereg tryboelektryczny to zestawienie materiałów pod względem biegunowości oraz wielkości zgromadzonego na nich ładunku podczas tarcia i rozdzielania dwóch materiałów.

Materiały u góry tabeli mają największą skłonność do elektryzowania się ładunkiem dodatnim, a na dole – ujemnym.

Wełna



Szkło



PCV



Latex



Nylon



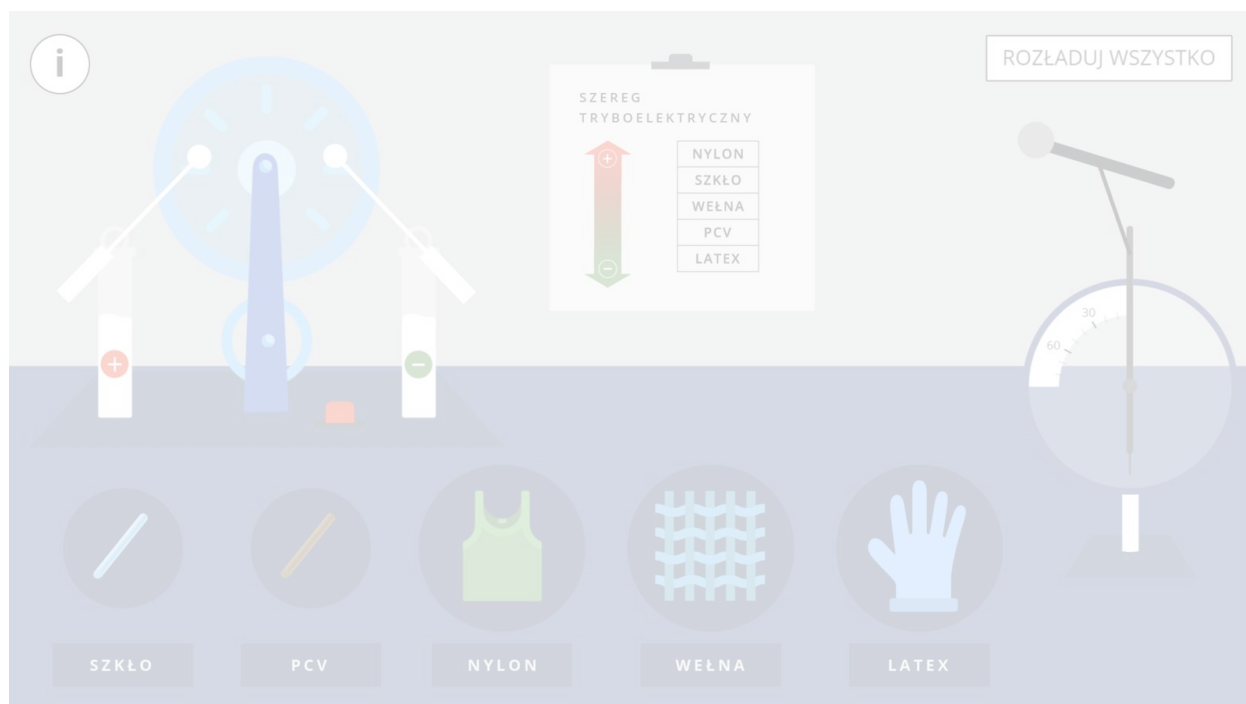
Co będzie potrzebne

Ćwiczenie 4

Napisz poniżej, czy do wykonania doświadczenia wystarczą przyrządy używane w poprzednim eksperymencie? A może konieczne jest urządzenie do precyzyjnego pomiaru ładunku zgromadzonego na pałeczce i podawania go w kulombach?

Instrukcja

Wykonaj doświadczenie w wirtualnym laboratorium, pocierając każdą pałeczkę o każdą ściereczkę. Pamiętaj, by na początku pomiaru zawsze ładować elektroskop za pomocą maszyny elektrostatycznej ładunkiem tego samego znaku oraz by pocierać pałeczkę o ściereczkę zawsze tyle samo razy. Wyniki pomiarów zapisz w tabeli poniżej. Ponieważ początkowa wartość ładunku na elektroskopie (przed pocieraniem) jest zawsze taka sama, w tabeli zapisuj od razu wartość ładunku zgromadzonego na pałeczce, czyli różnicę pomiędzy odczytem końcowym i początkowym.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DzNNKd7uE>

Tabela pomiarów do wyznaczenia szeregu tryboelektrycznego materiałów.

Ładunek początkowy z maszyny elektrostatycznej [jedm. um.]:

Wartości ładunku zgromadzonego na pałeczce w wyniku pocierania [jedm. umowne]

pałeczka

nylon

wełna

latex

Ćwiczenie 5

Na podstawie uzyskanych rezultatów skonstruuj szereg tryboelektryczny materiałów użytych w doświadczeniu. Pomoże Ci w tym zestaw napisów do porządkowania. W razie potrzeby skorzystaj ze stwierdzeń zawartych w podpowiedzi. Pamiętaj, że materiały u góry tabeli mają największą skłonność do elektryzowania się ładunkiem dodatnim, a na dole – ujemnym.

PCV



Nylon



Szkło



Wełna



Latex



Podsumowanie

Ćwiczenie 6

W poniższym formularzu zapisz krótkie podsumowanie wyników doświadczenia.

Czy hipoteza badawcza potwierdziła się?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Umieszczone poniżej fragmenty zdań połącz w pary w taki sposób, by zawierały prawdziwą informację nt. zjawiska elektryzowania.

Podczas elektryzowania przez **tarcie**

jedno z ciał musi być wcześniej naelektryzowane.

Podczas elektryzowania przez **indukcję**

żadne z ciał nie musi być wcześniej naelektryzowane.

Podczas elektryzowania przez **dotyk**

elektryzowanie ciał ma charakter nietrwały.

Rysunek do ćwiczeń: 2, 3 i 4

SZEREG TRYBOELEKTRYCZNY



Ćwiczenie 2



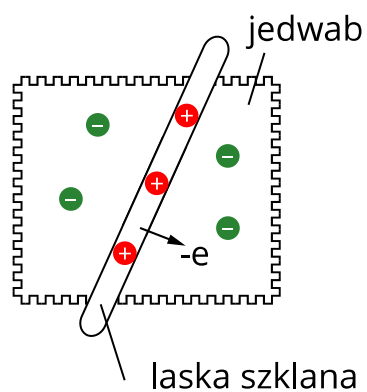
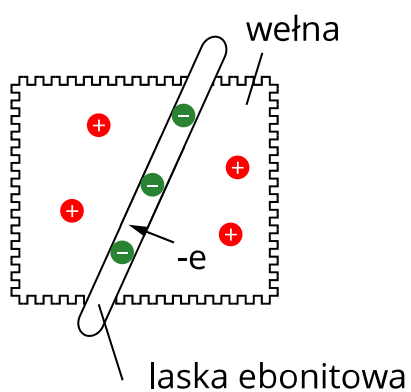
Wyjaśnij, dlaczego pokazany na fotografii kot, który przed chwilą baraszkował w styropianowych kulkach, jest teraz cały nimi oblepiony?



Ćwiczenie 3



Wyjaśnij, czy prawdą jest, że wykonana z twardej gumy (tzw. ebonitowa) pałeczka zawsze elektryzuje się ujemnie, a szklana dodatnio?



Ćwiczenie 4



Poniżej zestawiono ze sobą w parach różne rodzaje materiałów. Skorzystaj z szeregu tryboelektrycznego i pogrupuj je względem tego, w jaki sposób (dodatnio, czy ujemnie) elektryzuje się pierwszy z materiałów w danej parze.

Pierwszy z materiałów elektryzuje się dodatnio:

szklany kieliszek i bawełniana ściereczka

drewniane krzesło i sierść kota

Pierwszy z materiałów elektryzuje się ujemnie:

pałka ebonitowa i szmatka wykonana ze prawdziwego jedwabiu

teflonowa patelnia i papierowy ręcznik

włosy ludzkie i plastikowy grzebień

stalowe śmigło helikoptera i powietrze

aluminiowy kubek i silikonowa rękawica

skóra ludzka i wełniany sweter

futerko królika i ludzka ręka

pałka ebonitowa i szmatka wykonana ze sztucznego jedwabiu

Ćwiczenie 5



Elektrodę elektroskopu zetknięto z dodatnio naładowaną elektrodą maszyny elektrostatycznej. Wskazówka elektroskopu wychyliła się. Następnie elektrodę dotknięto naelektryzowaną pałeczką, co spowodowało zwiększenie wychylenia wskazówki. Zaznacz, jakim ładunkiem był naładowana pałeczka:

☐ ujemnym

☐ dodatnim

Ćwiczenie 6



Zaznacz poprawne dokończenie zdania: Gdy puszka Faraday'a, czyli przewodnik o kształcie takim, jak pokazano na dołączonym rysunku, zostanie naelektryzowana to cały ładunek:



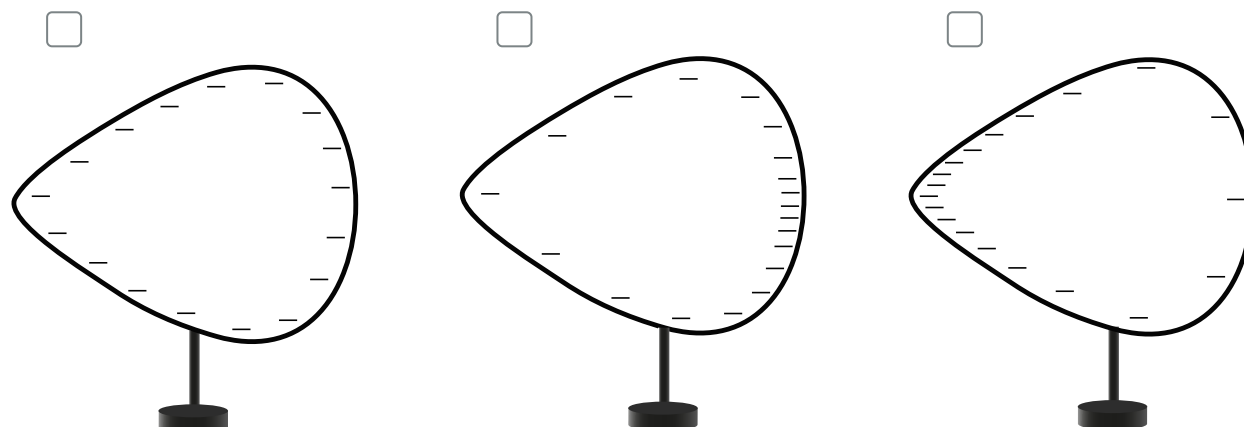
- ☐ rozłoży się równomiernie na całej, wewnętrznej i zewnętrznej, powierzchni puszki
- ☐ zgromadzi się na jej zewnętrznej powierzchni
- ☐ zgromadzi się na jej wewnętrznej powierzchni

Rysunek przedstawia tzw. puszkę Faraday'a.

Ćwiczenie 7



Wskaż, który z poniższych rysunków poprawnie ilustruje rozkład ładunku elektrycznego na metalowym przedmiocie.



Ćwiczenie 8



Rozważ dwie metalowe kule o tym samym promieniu, z których jedna jest litą bryłą metalu, a druga ma w środku asymetryczne wydrążenie. Obydwie kule naładowano ładunkiem o takiej samej wartości. W jaki sposób rozłoży się ten ładunek w każdej z kul?

- ☐ Na powierzchni wypełnionej kuli ładunek rozłoży się równomiernie, a rozkład ładunku na powierzchni wydrążonej kuli będzie zależał od kształtu i umiejscowienia wydrążenia.
- ☐ W obydwu kulach ładunek rozłoży się równomiernie w całej objętości metalu.
- ☐ Obydwie kule będą naładowane powierzchniowo, a gęstość ładunku w obydwu przypadkach będzie taka sama.

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Imię i nazwisko autora:	Martyna Jakubowska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Elektryzowanie ciał i rozkład ładunku na powierzchni naelektryzowanych ciał
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa	Cele kształcenia – wymagania ogólne I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji. VII. Elektrostatyka. Uczeń: 1) posługuje się zasadą zachowania ładunku; 6) opisuje jakościowo rozkład ładunków w przewodnikach, zerowe natężenie pola elektrycznego wewnątrz przewodnika (klatka Faradaya), duże natężenie pola wokół ostrzy na powierzchni przewodnika.
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	Uczeń: 1. opisuje sposoby elektryzowania ciał, 2. wyjaśnia, czym jest szereg tryboelektryczny, 3. interpretuje kolejność materiałów w szeregu tryboelektrycznym, 4. analizuje rozkład ładunku na powierzchni przewodników, 5. przeprowadza eksperyment w wirtualnym laboratorium, w którym demonstruje zjawisko elektryzowania ciał przez tarcie i przez dotyk.
Strategie nauczania	blended-learning
Metody nauczania	nauczanie hybrydowe
Formy zajęć:	wirtualne laboratorium, praca w parach, praca w grupie
Środki dydaktyczne:	Podłączony do rzutnika komputer dla nauczyciela i komputery dla każdej pary uczniów.
Materiały pomocnicze	
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Na poprzedniej lekcji nauczyciel zapowiedział, że tematem kolejnej będzie: <i>Elektryzowanie ciał i rozkład ładunku na powierzchni naelektryzowanych ciał</i> i poprosił uczniów o przeczytanie części „Warto przeczytać” tego e-materiału. Na początku lekcji nauczyciel rozpoznaje wiedzę uczniów w zakresie tematu lekcji i pomaga im ją usystematyzować poprzez zadanie pytań: Co to takiego elektryzowanie ciał?, W jaki sposób można naelektryzować ciało? W jaki sposób zjawisko elektryzowania się ciał przejawia się w życiu codziennym? Czym jest szereg tryboelektryczny?	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel uruchamia Wirtualne Laboratorium na komputerze podpiętym do rzutnika i całej klasie tłumaczy: w jaki sposób korzysta się z umieszczonych w nim przyrządów: maszyny elektrostatycznej i elektroskopu; w jaki sposób można naelektryzować pałki: szklaną i wykonaną z PCV za pomocą dostępnych materiałów; w jaki sposób za pomocą elektroskopu i maszyny elektrostatycznej sprawdzić znak ładunku na pałce i stopień naelektryzowania pałki.

Uczniowie wykonują doświadczenia w parach. Część par bada elektryzowanie szklanej pałki, a część pałki wykonanej z PCV. Po zakończeniu pomiarów uczniowie na forum klasy dyskutują, czy uzyskane przez nich wyniki potwierdzają kolejność ustawienia badanych materiałów w szeregu tryboelektrycznym.

Faza podsumowująca:

Nauczyciel wyświetla na rzutniku dołączoną do zadań 2, 3 i 4 z zestawu ćwiczeń grafikę przedstawiającą szereg tryboelektryczny. Następnie cała klasa zastanawia się nad rozwiązaniem zadania 4. W zadaniu tym podane są różne pary materiałów i do zakwalifikowania każdej z tych par do jednej z dwóch sugerowanych w zadaniu grup, nauczyciel może wytypować dowolną osobę. Zadanie to można rozszerzyć i poprosić uczniów, by samodzielnie wymyślili kilka przykładów materiałów, które elektryzują się w zadany sposób.

Praca domowa:

Zadania z zestawu zadań, których nie rozwiązano podczas lekcji.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium**

Multimedium może być wykorzystane po lekcji do powtórzenia i utrwalenia wiadomości.