



## Elektryzowanie ciał i zasada zachowania ładunku w zadaniach

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Gra edukacyjna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



## Elektryzowanie ciał i zasada zachowania ładunku w zadaniach

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

### Czy to nie ciekawe?

Grzebień, po wyczesaniu nim suchych włosów, przyciąga małe skrawki papieru. Dlaczego tak się dzieje? Dlaczego czasem mówimy, że coś jest naelektryzowane? Z tego e-materiału dowiesz się, w jaki sposób ciała się elektryzują i jakie są tego konsekwencje.



Fot. a.

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

### **Twoje cele**

- zrozumiesz, na czym polega elektryzowanie ciał,
- dowiesz się, jakie są sposoby elektryzowania i poznasz mechanizm elektryzowania ciał każdym z tych sposobów,
- zrozumiesz, jakie są konsekwencje elektryzowania ciał i w jaki sposób ciała naelektryzowane oddziałują na siebie,
- zastosujesz zasadę zachowania ładunku do badania elektryzowania ciał.

# Przeczytaj

---

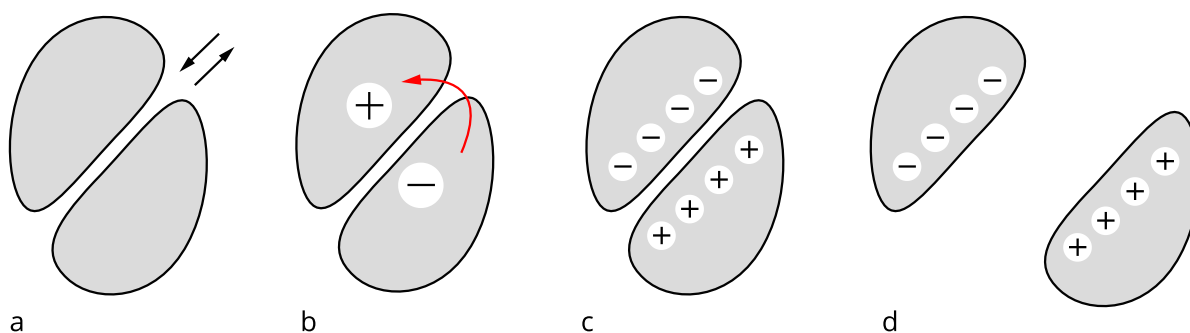
## Warto przeczytać

Wiemy, że ładunek elektryczny w przyrodzie nie ginie ani nie może powstać z niczego. Ciała, które nas otaczają, zawierają zwykle tyle samo ładunku dodatniego i ujemnego, dlatego są obojętne elektrycznie. W pewnych warunkach może jednak dojść do rozdzielenia ładunku dodatniego i ujemnego tak, że na jakimś ciele pozostanie nadmiar któregoś z rodzajów ładunku. Ciało zostanie w ten sposób naelektryzowane.

Ze względu na to, w jaki sposób ładunki dodatnie i ujemne zostają rozdzielone, wyróżniamy trzy sposoby elektryzowania ciał.

### 1. Elektryzowanie przez pocieranie.

Materia składa się z atomów. W atomie zaś wyróżniamy dodatnio naładowane jądro oraz ujemnie naładowaną „chmurę” elektronów przebywających wokół niego. Okazuje się, że niektóre atomy silniej niż inne przyciągają elektrony. Z tego powodu, kiedy powierzchnie ciał początkowo elektrycznie obojętnych, ale wykonanych z różnych materiałów, pozostają ze sobą w kontakcie (Rys. 1a.), niektóre elektrony „przechodzą” z jednego ciała na drugie (Rys. 1b.). Ciało, które zyskuje elektrony, ma ich wtedy nadmiar i staje się naładowane ujemnie; ciało, które traci elektrony, ma wtedy nadmiar protonów i staje się naładowane dodatnio (Rys. 1c.). Efekt przechodzenia elektronów z jednego ciała na drugie jest dużo silniejszy, gdy ciała są o siebie pocierane. Dzieje się tak dlatego, że kontakt między powierzchniami ciał jest wtedy dużo intensywniejszy.



Rys. 1. a) ciała są o siebie pocierane; b) niektóre elektrony „przechodzą” z jednego ciała na drugie; c) jedno ciało zyskuje ładunek dodatni, drugie ujemny; d) po rozdzieleniu, ciała pozostaną naelektryzowane

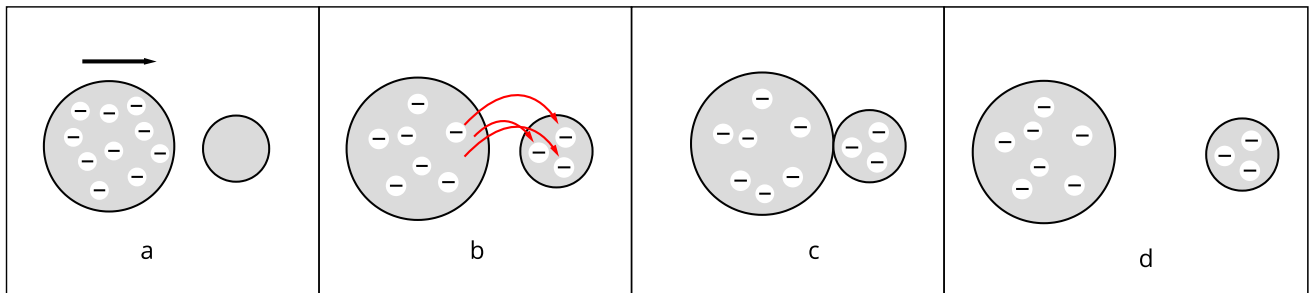
Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

### 2. Elektryzowanie przez dotyk.

Z elektryzowaniem przez dotyk mamy do czynienia, gdy zetkniemy ciało naładowane z ciałem obojętnym elektrycznie (Rys. 2a.). Powiedzmy, że jedno z ciał jest naładowane

ujemnie. Nadmiarowe ładunki ujemne (elektrony) będą miały tendencję do „ucieczki” z tego ciała do ciała obojętnego, gdyż odpychają się wzajemnie (Rys. 2b). Podobnie, gdy jedno z ciał jest naładowane dodatnio, nadmiarowe ładunki dodatnie (protony pozbawione elektronów) przyciągną elektrony z drugiego ciała (Rys. 2c).

Zjawisko to jest silnie widoczne, gdy dotykającym ciałem obojętnym jest **przewodnik** elektryczny, gdyż elektrony w przewodniku mogą się swobodnie poruszać, „robiąc miejsce” kolejnym. W przypadku **izolatorów** elektrycznych, samo zetknięcie ciał nie wystarcza do widocznego ich naelektryzowania.



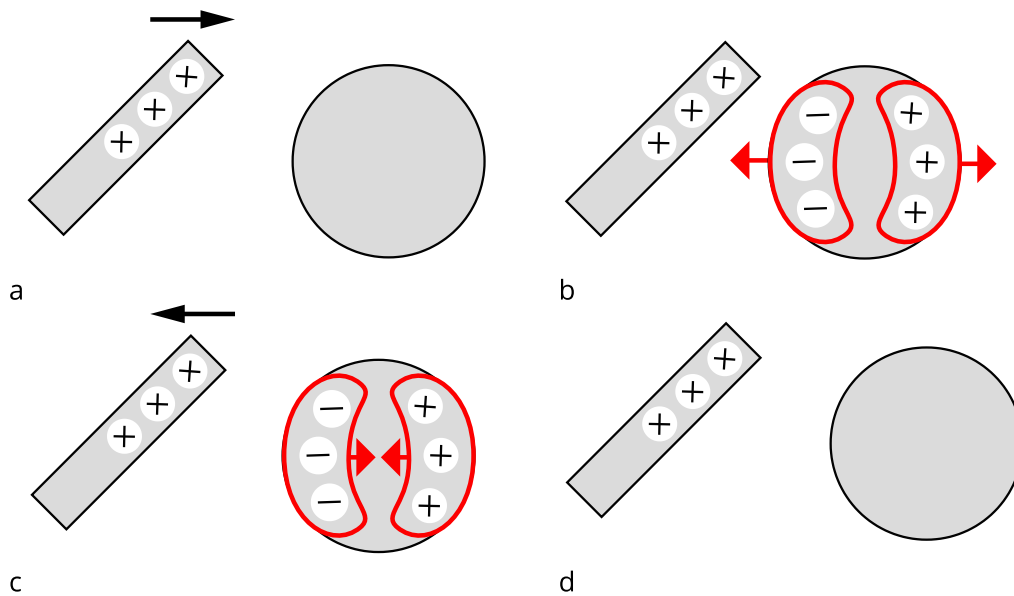
Rys. 2. a) zetknięcie dwóch ciał przewodzących, z których jedno jest naładowane; b) część ładunków z ciała naładowanego „przeptynie” na ciało obojętne, elektryzując je; c) na obu ciałach będzie zgromadzony pewien ładunek; d) po rozdzieleniu ciała pozostaną naelektryzowane

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

### 3. Elektryzowanie przez indukcję.

Elektryzowanie przez **indukcję** to inaczej elektryzowanie „na odległość”. Powiedzmy, że mamy naelektryzowane ciało A oraz obojętne ciało B. Gdy zbliżymy ciało A do ciała B (Rys. 3a.), elektrony w atomach ciała B nieznacznie się przemieszczą (Rys. 3b.), na skutek oddziaływania z ciałem A (będzie to przyciąganie – gdy ciało A jest naładowane dodatnio, odpychanie – gdy ciało A jest naładowane ujemnie). W efekcie po stronie ciała B bliższej ciału A zgromadzi się niewielki ładunek przeciwnego znaku, natomiast po stronie ciała B dalszej ciału A zgromadzi się ładunek o znaku takim samym, jak ładunek ciała A (Rys. 3c.).

Zwróć uwagę, że w czasie elektryzowania przez indukcję, całkowity ładunek elektryzowanego ciała B nie zmienia się. Zostaje jedynie rozdzielony. Jedna strona ciała B jest naelektryzowana dodatnio, druga ujemnie. Gdy ciało A zostanie odsunięte daleko od ciała B, elektrony wrócą na swoje miejsca i ciało B utraci naelektryzowanie. W odróżnieniu od elektryzowania przez pocieranie i przez dotyk, elektryzowanie przez indukcję ma charakter nietrwały.



Rys. 3. a) gdy ciało naelektryzowane zbliżymy do ciała początkowo obojętnego elektrycznie; b) ładunki na ciele naelektryzowanym odepchną część ładunków ciała obojętnego o jednakowym znaku a przyciągną te, o znaku przeciwnym; w efekcie części tego ciała zostaną naelektryzowane; c) po odsunięciu ciała naelektryzowanego, ładunki drugiego ciała powrócą na swoje miejsca na skutek wzajemnego przyciągania; d) efekt naelektryzowania zniknie

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

## Podsumowanie

Znając sposoby elektryzowania ciał, możemy łatwo wyjaśnić przyciąganie małych skrawków papieru przez grzebień. Gdy czesemy włosy, plastikowy grzebień elektryzuje się ujemnie przez pocieranie. Gdy potem zbliżymy grzebień do obojętnego elektrycznie skrawka papieru, zostanie on naelektryzowany przez indukcję. Po stronie bliższej grzebienia na skrawku zgromadzi się ładunek dodatni, po stronie dalszej – ładunek ujemny. Siła przyciągania lub odpychania między ciałami naładowanymi jest tym mniejsza, im ciała są dalej od siebie. Ponieważ dodatnio naładowana strona papierka jest bliżej grzebienia, niż strona naładowana ujemnie, przyciąganie papierka przez grzebień przeważa nad odpychaniem i obserwujemy, że papierek unosi się i przyczepia do grzebienia. Analogicznie będzie, jeśli wykorzystamy plastikowy długopis (Rys. 4.).



Rys. 4. Długopis, naelektryzowany przez pocieranie, elektryzuje przez indukcję skrawki papieru i zaczyna je przyciągać

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

Podczas kontaktu dwóch różnych materiałów wskutek mechanizmu kontaktowego mówi się o tryboelektryzacji, czyli tworzeniu się warstwy podwójnej na granicach kontaktu w obu materiałach. Różne materiały zestawia się ze sobą pod względem tendencji do elektryzowania się przez pocieranie w tzw. **szeregi tryboelektryczne**. Używa się ich w celu zwrócenia uwagi na względne położenia dwóch materiałów oraz ustalenia ich wzajemnego elektryzowania się oraz przewidywania znaku ładunku przenoszonego z jednej powierzchni na drugą podczas ich kontaktu. Materiał, który elektryzuje się dodatnio, znajduje się bliżej dodatniego końca szeregu, a materiał położony bliżej ujemnego końca będzie naładowany elektrycznie ujemnie. Przykładowo kontakt ołowiu z teflonem spowoduje, że ołów będzie naładowany dodatnio, a teflon ujemnie. Należy pamiętać, że o tym decyduje praca wyjścia danego materiału, co określa jego położenie w szeregu. Ogólnie materiały o wyższej wartości pracy wyjścia wykazują tendencję do nabywania elektronów od materiałów o niższej wartości pracy wyjścia.

## Słowniczek

### Szereg tryboelektryczny

(ang. triboelectric series) - zestawienie materiałów pod względem ich tendencji do elektryzowania się ujemnie lub dodatnio przez pocieranie; z dwóch materiałów pocieranych o siebie materiał położony wyżej w szeregu będzie elektryzował się dodatnio, materiał położony niżej – ujemnie. Szeregi tryboelektryczne układa się na podstawie danych eksperymentalnych. Ponieważ na poziomie atomowym mechanizm elektryzowania ciał przez pocieranie jest skomplikowany, różne szeregi mogą różnić się od siebie.

## **Przewodnik**

(ang. conductor)- materiał, w którym nośniki ładunku (najczęściej elektrony) mogą się swobodnie poruszać. Przewodniki przewodzą prąd elektryczny – stąd nazwa. Elektryzują się przez dotyk.

## **Izolator**

(ang. insulator) - materiał, w którym nośniki ładunku (najczęściej elektrony) nie mogą się swobodnie poruszać – są związane z konkretnymi atomami lub grupami atomów.

Izolatory nie przewodzą prądu elektrycznego. Nie elektryzują się przez dotyk.

## **Indukcja**

(ang. induction) - słowo „indukcja” pochodzi od łacińskiego „inducere” (wprowadzać, powodować, wywoływać) i ma w nauce wiele różnych znaczeń. W samej fizyce mamy zjawisko elektryzowania ciał przez indukcję i zjawisko indukcji elektromagnetycznej oraz wielkość fizyczną: indukcję magnetyczną. Każde z tych pojęć oznacza co innego i należy uważać, żeby ich nie mylić.



# Gra edukacyjna

---

## Elektryzowanie ciał i zasada zachowania ładunku w zadaniach

Sprawdź, czy wiesz, jak elektryzują się ciała.

### Gra 1



Test

#### Elektryzowanie ciał i zasada zachowania ładunku

W czasie pocierania jedno z dwóch ciał elektryzuje się dodatnio, drugie ujemnie. To, jaki będzie znak ładunku danego ciała nie jest przypadkowe. Substancje można na podstawie wyników pomiarów ustawić w tak zwany szereg tryboelektryczny. Najwyżej w tym szeregu znajdują się substancje, które łatwo pozbywają się elektronów i zazwyczaj elektryzują się dodatnio. Najniżej substancje, które przyciągają elektrony i elektryzują się ujemnie. Podczas pocierania, ciało wykonane z substancji położonej wyżej w szeregu naelektryzuje się dodatnio, a ciało z substancji położonej niżej – ujemnie. Szereg tryboelektryczny ułożony z wybranych substancji widzisz na ilustracji obok. Podczas wykonywania zadań tego etapu będzie on cały czas widoczny.

Poziom trudności:

**łatwy**

Limit czasu:

**2 min**




Twój ostatni wynik:

-

Uruchom

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Zaznacz wśród poniższych zdań te, które są **prawdziwe**.

- Całkowity ładunek elektryczny ciał elektryzowanych przez pocieranie nie zmienia się.
- Na skutek pocierania ciał protony przechodzą z jednego ciała na drugie.
- Na skutek pocierania ciał elektrony przechodzą z jednego ciała na drugie.
- W czasie elektryzowania przez pocieranie, jedno z ciał elektryzuje się dodatnio, drugie ujemnie.
- W czasie elektryzowania ciała przez pocieranie wytwarzany jest ładunek elektryczny.

## Ćwiczenie 2



Zaznacz wśród poniższych zdań te, które są **fałszywe**.

Na skutek kontaktu między ciałami przewodzącymi, z których pierwsze jest naładowane, a drugie obojętne, elektrony przechodzą z jednego ciała na drugie.

Po naelektryzowaniu przez dotyk oba ciała mają ładunek o tym samym znaku.

Przez dotyk można naelektryzować jedynie izolatory.

Całkowity ładunek elektryczny ciał elektryzowanych przez dotyk nie zmienia się.

W czasie elektryzowania ciała przez dotyk, cały ładunek z ciała naładowanego przechodzi na ciało obojętne.

## Ćwiczenie 3



Oceń prawdziwość poniższych zdań:

- Elektrony ciała elektryzowanego przez indukcję zmieniają położenie: P  / F

- Całkowity ładunek elektryczny ciał elektryzowanych przez indukcję nie zmienia się:

P  / F

- Ciała naelektryzowane przez indukcję pozostają trwale naładowane: P  / F

- Dwa ciała obojętne zbliżone do siebie na odległość kilku centymetrów naelektryzują się przez indukcję: P  / F

- Przez indukcję można naelektryzować zarówno przewodniki, jak izolatory: P  /

F

## Ćwiczenie 4



Poniższa tabela dotyczy elektryzowania ciał. Uzupełnij ją, wpisując numery podanych sformułowań w odpowiednie miejsca (każdy z nich można użyć więcej niż raz):

1. [przed naelektryzowaniem oba ciała są obojętne]
2. [przed naelektryzowaniem drugiego ciała, jedno z ciał musi być już naładowane]
3. [po naelektryzowaniu ciała mają ładunki o przeciwnych znakach]
4. [po naelektryzowaniu ciała mają ładunki o tych samych znakach]
5. [wewnątrz ciała elektryzowanego zmienia się przestrzenny rozkład ładunku]
6. [ciała pozostają naelektryzowane, gdy zostaną od siebie oddalone]
7. [ciała tracą naelektryzowanie, gdy zostaną od siebie oddalone]

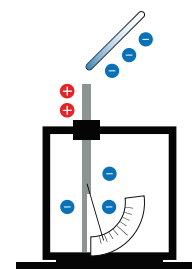
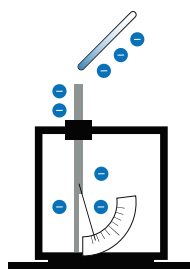
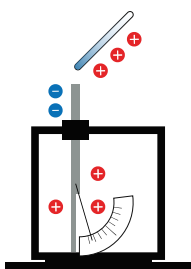
sposób elektryzowania ciał	początkowy stan ciał	znak ładunku	trwałość naelektryzowania
elektryzowanie przez pocieranie	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
elektryzowanie przez dotyk	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
elektryzowanie przez indukcję	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

## Ćwiczenie 5



Elektroskop jest przyrządem służącym do wykrywania ładunku elektrycznego. Składa się z pionowego, metalowego – a więc przewodzącego – pręta, na końcu którego jest przymocowana lekka wskazówka, także przewodząca prąd (w niektórych elektroskopach są to dwa prostokątne listki z cienkiej i lekkiej folii przewodzącej prąd). Gdy pręt elektroskopu zostanie naelektryzowany, naelektryzuje się także wskazówka (listki). Ładunek zgromadzony na wskazówce (listkach) będzie odpychany przez ładunek o takim samym znaku, zgromadzony na pręcie, i wskazówka (listki) się odchyli.

Na rysunkach poniżej pokazano efekt działania elektroskopu podczas elektryzowania przez dotyk oraz przez indukcję. Wskaż rysunki, które ukazują elektryzowanie przez indukcję.



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

## Ćwiczenie 6



Dwie identyczne metalowe kulki zaczepiono na izolujących niciach. Jedną z nich naładowano ładunkiem  $q_1$ , drugą ładunkiem  $q_2$ . Następnie kulki zetknięto i ponownie rozłączono. Jaka będzie końcowa wartość ładunku na pierwszej kulce, jeżeli:

- a)  $q_1 = 50 \mu\text{C}$ ,  $q_2 = 0$ ,
- b)  $q_1 = 50 \mu\text{C}$ ,  $q_2 = 30 \mu\text{C}$ ,
- c)  $q_1 = 50 \mu\text{C}$ ,  $q_2 = -30 \mu\text{C}$ .

Odpowiedzi:

a)   $\mu\text{C}$ ,

b)   $\mu\text{C}$ ,

c)   $\mu\text{C}$ .

## Ćwiczenie 7



Przez pocieranie papierem naładowano dwa identyczne baloniki. Następnie zawieszono je na nitkach w niewielkiej odległości od siebie. Czy baloniki będą oddziaływać ze sobą? Jeżeli tak, to będzie to przyciąganie, czy odpychanie? Wybierz poprawną odpowiedź wraz z uzasadnieniem.

Baloniki będą się przyciągać – podczas pocierania papierem na obu balonikach zgromadził się ładunek tego samego znaku.

Baloniki będą się odpychać – podczas pocierania papierem przeniesiono część ładunku ujemnego z jednego balonika na drugi, tak, że baloniki mają teraz ładunki o przeciwnych znakach.

Nic się nie stanie – baloniki nie będą oddziaływać, bo oba zostały potarte papierem.

Baloniki będą się odpychać – podczas pocierania papierem na obu balonikach zgromadził się ładunek tego samego znaku.

## Ćwiczenie 8



Obojętny elektrycznie balonik, nadmuchany powietrzem, przez chwilę intensywnie pocierano o wełniany sweter. Następnie umieszczono balonik pod sufitem. Po puszczeniu, balonik nie opadł, ale przylgnął do sufitu. Posługując się poznanymi pojęciami związanymi z elektryzowaniem ciał oraz znanymi prawami fizyki, wyjaśnij to zjawisko.

# Dla nauczyciela

---

<b>Imię i nazwisko autora:</b>	Jan Kamiński
<b>Przedmiot:</b>	Fizyka
<b>Temat zajęć:</b>	<b>Sposoby elektryzowania ciał.</b>
<b>Grupa docelowa:</b>	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
<b>Podstawa programowa:</b>	<p><b>Cele kształcenia - wymagania ogólne</b></p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.</p> <p><b>Zakres podstawowy</b></p> <p><b>Treści nauczania - wymagania szczegółowe</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość;</p> <p>15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu;</p> <p>VI. Elektrostatyka. Uczeń:</p> <p>1) posługuje się zasadą zachowania ładunku;</p> <p><b>Zakres rozszerzony</b></p> <p>Treści nauczania - wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>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;</p> <p>19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu;</p> <p>VII. Elektrostatyka. Uczeń:</p> <p>1) posługuje się zasadą zachowania ładunku.</p>



<b>Kształtowane kompetencje kluczowe:</b>	<b>Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji ,</li> <li>• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,</li> <li>• kompetencje cyfrowe,</li> <li>• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.</li> </ul>
<b>Cele operacyjne:</b>	<b>Uczeń:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. wyjaśnia, na czym polega elektryzowanie ciał.</li> <li>2. wymienia sposoby elektryzowania i pozna mechanizm elektryzowania ciał każdym z tych sposobów.</li> <li>3. objaśnia, jakie są konsekwencje elektryzowania ciał i w jaki sposób ciała naelektryzowane oddziałują na siebie.</li> <li>4. stosuje zasadę zachowania ładunku do rozwiązania prostych problemów.</li> </ol>
<b>Strategie nauczania:</b>	blended-learning, grywalizacja
<b>Metody nauczania:</b>	- eksperyment wykonywany przez uczniów, - wykład ilustrowany pokazowymi eksperymentami, dyskusja.
<b>Formy zajęć:</b>	praca samodzielna
<b>Środki dydaktyczne:</b>	tablica
<b>Materiały pomocnicze:</b>	- baloniki, elektroskop, - pałeczka ebonitowa, - kawałek futra lub wełny, dwa kawałki folii z narysowaną siatką plusów i minusów (wyjaśnienie niżej), - metalowa puszka po napoju.
<b>PRZEBIEG LEKCJI</b>	
<b>Faza wprowadzająca:</b>	
<p>Nauczyciel prosi uczniów, aby przygotowali kilka małych skrawków papieru oraz plastikową linijkę lub długopis. Następnie prosi ich o potarcie linijką/długopisem o włosy i zbliżenie do skrawków papieru. Sam też to robi, żeby zachęcić uczniów. Potem zadaje pytanie: „Dlaczego długopis przyciąga skrawki papieru?” Uczniowie udzielają odpowiedzi, wśród których powinno paść hasło „elektryzowanie” (w razie potrzeby nauczyciel naprowadza uczniów). Nauczyciel informuje uczniów o temacie lekcji a następnie przypomina wiadomości o ładunku elektrycznym.</p>	

### **Faza realizacyjna:**

Nauczyciel omawia po kolei trzy sposoby elektryzowania ciał, opisane w e-materiale. Każda wypowiedź jest uzupełniona rysunkiem na tablicy, na którym jest schematycznie przedstawiany omawiany mechanizm elektryzacji, oraz pokazaniem odpowiedniego doświadczenia.

#### 1) Elektryzowanie przez pocieranie.

Rysunek przedstawia dwa obojętne ciała w kontakcie ze sobą. W trakcie wyjaśniania mechanizmu nauczyciel rysuje pojawiające się znaki „minus” (tłumacząc, że elektrony „przeszły” z jednego ciała na drugie) oraz „plus” (wyjaśniając, że atom pozbawiony elektronu, ma ładunek dodatni). Następnie nauczyciel elektryzuje dwa balony przez potarcie o kawałek futra, po czym pokazuje odpychanie baloników zawieszonych na nitkach.

#### 2) Elektryzowanie przez dotyk.

Rysunek przedstawia dwie identyczne kule w kontakcie ze sobą, na jednej z kul symbolicznie zaznaczony jest ładunek ujemny, w postaci licznych znaków „minus”. W czasie tłumaczenia nauczyciel ściera znaki na jednym z ciał, i dorysowuje na drugim. Następnie nauczyciel wyjaśnia działanie elektroskopu, po czym przez pocieranie elektryzuje pałeczkę ebonitową i „przenosi” ładunek z niej na elektroskop. Na koniec dotyka elektroskopu, żeby pokazać, że ładunek odpływa do ziemi.

3) Elektryzowanie przez indukcję Rysunek przedstawia ciało naelektryzowane i ciało nienaelektryzowane. W czasie tłumaczenia nauczyciel dorysowuje indukowany ładunek (w postaci małych symboli „plus” i „minus”). Aby wyjaśnić przestrzenne rozdzielanie ładunków dodatnich i ujemnych nauczyciel używa dwóch arkuszy przezroczystej folii (np. z przeciętej koszulki biurowej): na jednej narysowana jest siatka plusów, na drugiej siatka minusów. Obie folie należy nałożyć na siebie, tak, by plusy i minusy się pokrywały, i zaprezentować na tablicy. Następnie pokazać, jak w obecności ciała naelektryzowanego ładunki ujemne przesuwiają się i powstają dwie warstwy niezerównoważonego ładunku. Następnie nauczyciel pokazuje za pomocą elektroskopu, jak zbliżenie naelektryzowanej pałeczki ebonitowej powoduje naelektryzowanie „na odległość”. Na koniec nauczyciel wyjaśnia, dlaczego ciało naelektryzowane przez indukcję jest przyciągane. Ilustracją tego jest eksperyment, w którym do obojętnej puszki po napoju położonej na boku zbliżamy naelektryzowaną przez potarcie pałeczkę ebonitową.

### **Faza podsumowująca:**

Na zakończenie jeden z uczniów (chętny) jest proszony o wyjaśnienie własnymi słowami, z pomocą nauczyciela, zjawiska zaobserwowanego w fazie wstępnej lekcji: przyciągania papierków przez długopis. Nauczyciel zwraca uwagę, że mamy tu do czynienia z dwoma sposobami elektryzowania: przez pocieranie i przez indukcję.

**Praca domowa:**

Jako pracę domową uczniowie mają zagrać dołączoną grę. Na potwierdzenie przedstawiają zrzut ekranu z gry z wynikiem, który uzyskali. Oprócz tego mają wykonać zadanie 4 z zestawu ćwiczeń.

**Wskazówki  
metodyczne  
opisujące różne  
zastosowania danego  
multimedium:**

Grafikę interaktywną można wykorzystać na lekcji jako utrwalenie wiedzy z elementami zabawy. Uczniowie mogą też korzystać z niej zarówno przed jak i po lekcji.