

Budujemy maszynę elektrostatyczną

Tomasz Greczyło
Mateusz Ślęczek

Scenariusz interdyscyplinarnego projektu edukacyjnego do fizyki dla III etapu edukacyjnego – liceum ogólnokształcące i technikum

opracowany w ramach projektu:

„Tworzenie zestawów narzędzi edukacyjnych wspierających proces wychowania przedszkolnego i kształcenia ogólnego w zakresie rozwoju umiejętności uniwersalnych dzieci i uczniów oraz kompetencji kluczowych niezbędnych do poruszania się na rynku pracy”

dofinansowanego ze środków Funduszy Europejskich w ramach
Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój, 2.10 Wysoka jakość systemu oświaty

Warszawa 2022



Redakcja merytoryczna: Monika Szaławska-Murmyło, Anna Wawryszuk, Marcin Pełka
Redakcja językowa i korekta: Eduexpert sp. z o.o.
Projekt graficzny i projekt okładki: Eduexpert sp. z o.o.
Redakcja techniczna i skład: Eduexpert sp. z o.o.

Weryfikacja i odbiór niniejszej publikacji: Ośrodek Rozwoju Edukacji w Warszawie

w ramach projektu: *Weryfikacja i odbiór zestawów narzędzi edukacyjnych wspierających proces wychowania przedszkolnego i kształcenia ogólnego w zakresie rozwoju umiejętności uniwersalnych dzieci i uczniów oraz kompetencji kluczowych niezbędnych do poruszania się na rynku pracy*

dofinansowanego ze środków Funduszy Europejskich w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój, 2.10 Wysoka jakość systemu oświaty

Warszawa 2022

Ośrodek Rozwoju Edukacji
Aleje Ujazdowskie 28
00-478 Warszawa
ore.edu.pl



Publikacja jest rozpowszechniana na zasadach wolnej licencji Creative Commons –
Użycie niekomercyjne 4.0 Polska (CC-BY-NC).
creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.pl

1. Temat projektu

Budujemy maszynę elektrostatyczną

2. Odbiorcy projektu edukacyjnego

Uczniowie III klasy szkoły ponadpodstawowej (liceum ogólnokształcącego i technikum) realizujący podstawę programową z fizyki w zakresie podstawowym.

Odbiorcami projektu mogą być uczniowie o zróżnicowanych potrzebach edukacyjnych, ponieważ jego konstrukcja pozwala na dostosowanie zakresu merytorycznego, poziomu trudności i metod do indywidualnych potrzeb i możliwości uczniów, w tym uczniów ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi (SPE). Praktyczne aspekty przedsięwzięcia stwarzają możliwości zaangażowania uczniów o zainteresowaniach i zdolnościach manualnych oraz technicznych. Nauczyciel może poszerzyć zagadnienia projektowe o demonstrację treści fizycznych (głównie z zakresu elektrostatyki), które mogą być ilustrowane z wykorzystaniem wykonanego przez uczniów urządzenia.

3. Cele projektu

Celem projektu jest praktyczne poznanie zasady działania maszyny elektrostatycznej na przykładzie maszyny Wimshursta. W toku realizacji zadania uczeń gromadzi odpowiednie materiały i narzędzia oraz wykorzystuje je do wykonania pomocy dydaktycznej. Zadanie pozwala także przeprowadzić demonstrację podstawowych zjawisk fizycznych z zakresu elektrostatyki.

Cele operacyjne. Uczeń:

- gromadzi i analizuje informacje o zasadzie działania maszyny Wimshursta;
- opisuje zagadnienia z zakresu nauk przyrodniczych, przede wszystkim fizyki, których uwzględnienie jest konieczne w kontekście wykonywania pomocy dydaktycznej;
- prezentuje efekty swojej pracy w formie prezentacji multimedialnej i pokazu.

Scenariusz jest materiałem uzupełniającym do dostępnego na Zintegrowanej Platformie Edukacyjnej (ZPE) programu nauczania dla szkoły ponadpodstawowej z zakresu podstawowego *Z fizyką przez wszechświat*, (PDF, 55 866 kB; dostęp: 20.03.2023) Franciszka Białasa w ramach projektu „Tworzenie programów nauczania oraz scenariuszy lekcji i zajęć wchodzących w skład zestawów narzędzi edukacyjnych wspierających proces kształcenia ogólnego w zakresie kompetencji kluczowych uczniów niezbędnych do poruszania się na rynku pracy”.

Przedmiotem przewodnim projektu jest fizyka, ale realizowane są również zagadnienia z obszarów:

- chemii – budowa atomu i wiązania chemiczne;
- biologii – energia i metabolizm;
- edukacji dla bezpieczeństwa – zachowania oraz odpowiednie reakcje w sytuacjach trudnych i kryzysowych stwarzających zagrożenie dla zdrowia i życia.

4. Przewidywany czas realizacji projektu

Na realizację projektu przewiduje się 4 godziny lekcyjne i 1 godzinę pracy pozaszkolnej.

5. Treści podstawy programowej realizowane w ramach projektu

5.1. Fizyka

Zakres podstawowy

I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:

11. przestrzega zasad bezpieczeństwa podczas wykonywania obserwacji, pomiarów i doświadczeń;
15. wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu;
17. przedstawia wybrane informacje z historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki.

VI. Elektrostatyka. Uczeń:

3. posługuje się pojęciem pola elektrycznego; ilustruje graficznie pole elektryczne za pomocą linii pola; opisuje pole jednorodne;
4. opisuje jakościowo rozkład ładunków w przewodnikach i znikanie pola elektrycznego wewnątrz przewodnika (klatka Faradaya);
5. opisuje kondensator jako układ dwóch przeciwnie naładowanych przewodników, pomiędzy którymi istnieje napięcie elektryczne oraz jako urządzenie magazynujące energię;
6. doświadczalnie:
 - a) ilustruje pole elektryczne oraz układ linii pola wokół przewodnika,
 - b) demonstruje przekaz energii podczas rozładowania kondensatora (np. lampa błyskowa, przeskoc iskry).

XI. Fizyka jądrowa. Uczeń:

1. posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron do opisu składu materii.

5.2. Chemia

II. Budowa atomu a układ okresowy pierwiastków. Uczeń:

1. stosuje pojęcia: powłoka, podpowłoka; pisze konfiguracje elektronowe atomów pierwiastków do $Z=20$ i jonów o podanym ładunku, uwzględniając przynależność elektronów do podpowłok (zapisy konfiguracji: pełne, skrócone);
2. określa przynależność pierwiastków do bloków konfiguracyjnych: s, p układu okresowego na podstawie konfiguracji elektronowej;
3. wskazuje związek między budową elektronową atomu a położeniem pierwiastka w układzie okresowym i jego właściwościami fizycznymi (np. promieniem atomowym, energią jonizacji) i chemicznymi.

5.3. Biologia

VIII. Biotechnologia. Podstawy inżynierii genetycznej. Uczeń:

3. przedstawia istotę technik stosowanych w inżynierii genetycznej (elektroforeza DNA – kwasu dezoksyrybonukleinowego, ang. *deoxyribonucleic acid*, metoda

PCR – reakcja łańcuchowej polimerazy, ang. *polymerase chain reaction*, sekwencjonowanie DNA).

5.4. Edukacja dla bezpieczeństwa

III. Podstawy pierwszej pomocy. Uczeń:

- 3) rozumie znaczenie podejmowania działań z zakresu udzielania pierwszej pomocy przez świadka zdarzenia oraz przedstawia jego rolę;
- 4) zna zasady bezpiecznego postępowania w miejscu zdarzenia (...);
- 5) podaje przykłady zagrożeń w środowisku domowym, ulicznym, wodnym, w przestrzeniach podziemnych, w lasach;
- 6) przedstawia metody zapewnienia bezpieczeństwa własnego, osoby poszkodowanej i otoczenia w sytuacjach symulowanych podczas zajęć.

6. Metody realizacji projektu edukacyjnego i formy pracy

Podczas realizacji projektu konieczne jest dostosowanie wszystkich zaproponowanych metod do potrzeb uczniów ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi (SPE). Użyteczne będą następujące metody:

- praca z materiałami źródłowymi, w tym instrukcja wykonania urządzenia,
- odkrywanie przez dociekanie,
- dyskusja,
- prezentacja.

W ramach realizacji projektu przewidziano następujące formy pracy uczniów:

- działania praktyczne,
- praca indywidualna,
- praca w grupach.

W toku realizacji zajęć z uczniami nauczyciel wykorzystuje zróżnicowane metody, techniki i formy pracy, co sprzyja aktywizacji uczniów. Taki sposób realizacji przedsięwzięcia pozwala również uwzględnić potrzeby uczniów ze SPE, np.:

- praca z materiałem źródłowym, a szczególnie jego wyszukiwanie i adaptacja do warunków i charakteru zajęć oraz problemu praktycznego, pozwala wszystkim uczniom, a w szczególności ze SPE, wykorzystać własne atuty i podejmować działania adekwatnie do sytuacji i możliwości;
- metoda odkrywania przez dociekanie daje wszystkim uczniom, w tym również ze SPE, możliwość przedstawienia swoich pomysłów oraz rozwiązań problemów bez narażania się na krytykę (w fazie twórczej pomysły nie są oceniane);
- dyskusja – przed rozpoczęciem pracy tą metodą nauczyciel może zwrócić szczególną uwagę na zasady jej prowadzenia (nieprzerywanie wypowiedzi innych, szacunek dla cudzych poglądów itp.), aby także uczniowie ze SPE czuli się bezpiecznie podczas debaty. Należy pamiętać, żeby osobom, które mają problem z wystąpieniami publicznymi, dać możliwość przedstawienia swojego stanowiska w formie pisemnej lub nagrania. W ten sposób będą mogły dopracować swoje wystąpienie poza zajęciami.
- prezentacja – podczas pracy tą metodą trzeba pamiętać o osobach, które mają problem z wystąpieniami publicznymi. Nie powinny być one zmuszane do przedstawiania prezentacji, mogą się sprawdzić, wykonując inne zadania w grupie,

np. przygotować ilustracje i treści do prezentacji oraz pytania pobudzające do aktywnego słuchania. Mogą także pracować podczas przygotowywania innych wytworów składających się na prezentację końcową, tzn. makiet, modeli i symulacji.

Praca grupowa – szczególnie w przypadku zajęć praktycznych – pozwala wykorzystać potencjał uczniów o zróżnicowanych potrzebach edukacyjnych. W projekcie tym uwzględnia się założenia programu F. Białasa, a zwłaszcza uwagi do działu Elektrostatyka: „Dział ten ma ograniczone możliwości przeprowadzania doświadczeń. Jeżeli szkoła dysponuje odpowiednim wyposażeniem, można przeprowadzić doświadczalną analizę linii pola elektrycznego z wykorzystaniem opiłków metalu na powierzchni cieczy oraz zademonstrować rozładowanie kondensatora w obwodzie z miernikiem prądu lub żarówką” (Białas 2019: 18) oraz działu Prąd elektryczny: „W nauczaniu fizyki w zakresie podstawowym szczególnie istotne wydaje się położenie w tym dziale uwagi na domową sieć elektryczną, zasady bezpieczeństwa jej użycia oraz ekologiczne i ekonomiczne korzystanie z urządzeń” (Białas 2019: 19), co przyczynia się do sprawnej realizacji wymagań szczegółowych oraz wzbogaca warsztat dydaktyczny szkoły. Ponadto łączenie w grupy uczniów zdolnych oraz uczniów wykazujących trudności w uczeniu się pomaga wyzwalać proces edukacji rówieśniczej. Uczeń zdolniejszy może ponadto rozwijać przydatne na rynku pracy umiejętności przekazywania wiedzy w zrozumiały sposób, a także zdobywać umiejętności lidera. W podobny sposób można tworzyć grupy, w skład których będą wchodzić uczniowie z deficytem uwagi oraz uczniowie systematyczni i opanowani emocjonalnie. Ci pierwsi mogą szybciej zaproponować rozwiązania, ale to ci drudzy łatwiej przeanalizują je pod kątem przydatności. Dostosowanie w opisywanym projekcie może się także odbywać przez dobór czynności i narzędzi, jak i czasu przeznaczanego na ich wykonanie. Działania praktyczne – wykorzystanie podstawowych narzędzi i materiałów, w tym materiałów codziennego użytku i materiałów przeznaczonych do recyklingu, w toku zajęć zmierzających do przygotowania konkretnego wytworu – przedmiotowej pomocy dydaktycznej, także sprzyjają indywidualizacji.

Ze względu na specjalne potrzeby edukacyjne uczniów zaleca się także zmianę organizacji przestrzeni sali, np. ustawienie stolików w małych kręgach ułatwiających wykonanie zajęć praktycznych w grupie. Z kolei uczniowie słabowidzący i słabosłyszący oraz uczniowie z zaburzeniami zachowania i trudnościami w utrzymaniu koncentracji podczas lekcji powinni mieć możliwość znajdowania się bliżej nauczyciela.

Nauczyciel w trakcie realizacji projektu wspiera i inspiruje działania uczniów, a także monitoruje ich postępy. W przypadku wystąpienia trudności dostosowuje metody i formy pracy do indywidualnych potrzeb i możliwości ucznia. Powinien także wziąć pod uwagę opinie z poradni pedagogiczno-psychologicznej oraz własne obserwacje.

7. Środki dydaktyczne

Do realizacji projektu potrzebne będą następujące środki dydaktyczne:

- materiały konstrukcyjne:
 - a. (1) podstawa z izolatora (np. tworzywa sztucznego lub drewna) o wymiarach minimalnych 24 cm na 28 cm,
 - b. (2), (3), (15) 5 butelek PET o pojemności 0,5 litra, wszystkie z nakrętkami: 2 butelki jako statywy – jedna, koniecznie z przewężeniem, fragmenty dwóch kolejnych – części górne z gwintem,

- c. (4) 2 podpory z drutu lub z tworzywa sztucznego,
 - d. (5) drut o długości 12 cm i średnicy 2–4 mm,
 - e. (6) 1 nakrętka od słoika o średnicy około 6 cm,
 - f. (7) 2 krążki z tworzywa sztucznego o średnicy nieco większej od średnicy nakrętki od słoika,
 - g. (8) 2 kątowniki metalowe lub z tworzywa sztucznego o długości jednego z boków nieco większym od promienia nakrętki od słoika,
 - h. (9) 1 śruba z płaską główką o średnicy 5 mm wraz z nakrętką,
 - i. (10) 2 podkładki z tworzywa sztucznego z otworem o średnicy śruby,
 - j. (11) 8 wkrętów do drewna o średnicy około 3 mm i długości około 5 mm,
 - k. (12) 2 płyty CD, z których usunięto mechanicznie metaliczne pokrycie strony z zapisem danych oraz nadruk ze strony wierzchniej; alternatywnie płytki plastikowe oddzielające płyty CD w zbiorczym opakowaniu płyt (tzw. opakowaniu w formie pudełka na ciastka),
 - l. (13) aluminiowa taśma z klejem, np. stosowana do wykończeń połączeń rur,
 - m. (14) 2 dodatkowe nakrętki z butelek PET,
 - n. (16) stalowy (lub inny sztywny) pręt o długości min. 20 cm i średnicy 3–4 mm,
 - o. (17) plastikowe rurki o długości około 10 cm i średnicy nieznacznie większej od średnicy pręta (rurka powinna luźno wchodzić na stalowy pręt (16)),
 - p. (18) 2 takie same słoiki o pojemności około 0,5 litra,
 - q. (19) przewód w izolacji o długości 25 cm i polu przekroju większym niż 1,5 mm²,
 - r. (20) drut miedziany o minimalnej średnicy 2 mm i długości około 2,5 m,
 - s. (21) 4 sprężynki od długopisów o średnicy wewnętrznej zbliżonej do średnicy drutu miedzianego (20),
 - t. (22) druciki miedziane o łącznej długości około 5 cm (np. z przewodu w izolacji (19)),
 - u. (23) pręt z tworzywa sztucznego długości ok. 10 cm (np. zużyty długopis lub flamaster),
 - v. (24) 60 cm gumy modelarskiej o polu przekroju 4–8 mm²;
- narzędzia:
 - a. (I) ołówek HP,
 - b. (II) linijka min. długości 20 cm,
 - c. (III) zapalniczka gazowa,
 - d. (IV) gwóźdź o średnicy 2,5 mm,
 - e. (V) pistolet do klejenia z tzw. klejem na gorąco,
 - f. (VI) 2 wkłady do pistoletu z klejem na gorąco,
 - g. (VII) wiertarka z wiertłem o średnicy śruby,
 - h. (VIII) kątomierz,
 - i. (IX) nożyczki,
 - j. (X) lutownica do połączeń miękkich wraz ze spoiwem (cyną i kalafonią),
 - k. (XI) szczypcy uniwersalne (potocznie: kombinerki),
 - l. (XII) wkrętak krzyżakowy (potocznie: śrubokręt);
 - komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
 - tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
 - e-materiały z zasobów ZPE do samodzielnego wyszukania przez uczniów.

8. Sposób realizacji projektu edukacyjnego

Nauczyciel informuje uczniów, że praca nad wykonaniem i zademonstrowaniem działania maszyny elektrostatycznej odbywa się w grupach. Każda z grup odpowiedzialna jest za zbudowanie swojej wersji tej pomocy dydaktycznej, posiłkując się instrukcją i wskazówkami zawartymi w regulaminie projektu, przy wykorzystaniu wskazanych tam metod, np.:

- przegląd źródeł,
- praca praktyczna,
- wnioskowanie oparte na poznanych wcześniej prawach fizyki, chemii oraz biologii,
- wnioskowanie oparte na schemacie lub regułach,
- budowanie wytworów przestrzennych.

Podsumowaniem pracy jest pokaz działania maszyny oraz krótka prezentacja zjawiska, którego przebieg wymaga tej pomocy dydaktycznej. Prezentacja zawierać musi przynajmniej:

- przedstawienie wstępu historycznego na temat genezy konstrukcji pierwszej maszyny elektrostatycznej (maszyny Wimshursta);
- krótki opis przebiegu prac konstrukcyjnych, omówienie tego, co było szczególnym wyzwaniem;
- opis wytworu – maszyny elektrostatycznej wykonanej z elementów codziennego użytku i materiałów z recyklingu;
- demonstracja zjawiska (z zakresu fizyki, chemii, biologii), do przedstawienia którego niezbędna jest maszyna elektrostatyczna.

Zadaniem nauczyciela jest pokierowanie procesem w taki sposób, aby jak największa grupa uczniów osiągnęła cele opisane następującymi kryteriami sukcesu:

- A. Uczeń, korzystając z opisu, zbudował elementy maszyny elektrostatycznej, które połączone przez grupę utworzyły działające urządzenie.
- B. Uczeń scharakteryzował specyficzne trudności zadania i jego kontekst historyczny oraz przedmiotowy.
- C. Uczeń przedstawił efekty swojej pracy.
- D. Uczeń zaprezentował doświadczenie z zakresu fizyki, chemii lub biologii, do przeprowadzenia którego wykorzystał zbudowaną maszynę elektrostatyczną. Z tych powodów rekomendujemy realizację zajęć w dwóch częściach. W pierwszej części koncentrujemy się na zgromadzeniu niezbędnych materiałów i narzędzi, wykonaniu maszyny elektrostatycznej oraz określeniu przedmiotowego kontekstu jej wykorzystania (3 godziny lekcyjne). Proponujemy pracę z tekstem źródłowym (m.in. Instrukcją wykonania) oraz materiałem wideo na temat Maszyny Wimshursta oraz jej budowy do odnalezienia w zasobach sieci. Uczniowie na III etapie edukacyjnym mogą poprawnie wykonywać zadania precyzyjnie opisane, ale nie mieć dostatecznego doświadczenia praktycznego w wykonywaniu działań manualnych o charakterze konstrukcyjnym. Ponadto rekomendujemy wykorzystanie podczas zajęć nagrań wideo (tutoriali), aby lepiej przygotować uczniów do wykonywania zadań w ramach projektu.

W drugiej fazie (1 godzina lekcyjna) uczniowie zaprezentują swoje projekty. Wytwarzanie przez urządzenie różnicy potencjałów umożliwiającej przeprowadzenie demonstracji przedmiotowej oraz minimum 5-stronicowa prezentacja na jej temat stanowi wywiązanie się z zadań projektowych oraz świadczy o realizacji jego celów.

9. Przykładowy przebieg zajęć

Część 1. Przygotowanie do budowy urządzenia i analiza podstaw jego działania oraz wykorzystania jako pomocy dydaktycznej. Omówienie regulaminu projektu.

1. Jeśli nauczyciel dysponuje maszyną elektrostatyczną, demonstruje jej działanie, jeśli nie – korzysta z e-materiałów zamieszczonych na ZPE *Elektryzowanie ciała i rozkład ładunku na powierzchni elektryzowanych ciał* oraz *Układ linii pola elektrycznego wokół przewodnika* (dostęp: 20.03.2023).

Na tym etapie zajęć przedstawiony powinien być szerszy kontekst wykorzystania maszyn elektrostatycznych (także różnych innych konstrukcji) do prezentowania zjawisk w obrębie przedmiotów przyrodniczych (przynajmniej chemii i biologii).

2. Nauczyciel dyskutuje z uczniami na temat urządzenia oraz zasady jego działania. Warto wskazać w tym momencie na źródła internetowe, np. *Maszyna Wimshursta z butelek PET i płyt CD* (tytuł oryginalny *Plastic bottle and CD Wimshurst Machine*; dostęp: 20.03.2023) oraz *Jak działa generator Van de Graffa* (tytuł oryginalny *How a Van de Graaff Generator Work*; dostęp: 20.03.2023). Narracja filmów prowadzona jest w języku angielskim, ale platforma umożliwia włączenie automatycznego tłumaczenia napisów na język polski.
3. Omówienie z uczniami sposobu realizacji projektu i jego regulaminu. Prowadzący zaprasza uczniów do udziału w projekcie i przybliża jego cel. Uczniowie zapoznają się z udostępnionym regulaminem.

Prowadzący dzieli uczniów na osiem czteroosobowych grup, uwzględniając poziom kompetencji, możliwości poznawcze i indywidualne predyspozycje. Każdy z zespołów wykonuje to samo zadanie polegające na budowie maszyny elektrostatycznej, ale przykład ilustrujący jej wykorzystania grupy dobierają zgodnie z zainteresowaniami. Sposób prezentacji urządzenia oraz jej zakres także powinien oddawać charakter grupy przy uwzględnieniu ograniczeń wynikających z krótkiej (3-minutowej) formy prezentacji z formą demonstracji.

Niniejszy scenariusz zawiera opis budowy maszyny elektrostatycznej – instrukcję. Wybór strategii jej realizacji i demonstracji pozostawiony jest samym uczniom.

4. Omówienie podziału zadań w grupach, harmonogramu i godzin konsultacji.

Część 2. Prezentacje projektów i ich ocena

1. Nauczyciel zaprasza grupy do samodzielnego ustalenia kolejności prezentacji. Jej wybór nie jest obwarowany ograniczeniami, ponieważ każda z grup przedstawia prezentację poświęconą zbudowanej przez siebie maszynie. Wszyscy członkowie zespołu muszą być gotowi zarówno do omówienia urządzenia, jak i zilustrowania jej działania oraz zaprezentowania krótkiej prezentacji multimedialnej (wyjątek stanowią uczniowie mający problemy z wystąpieniami na forum – nie należy ich zmuszać do prezentacji materiału przed całą klasą). Jednakże to grupa decyduje o podziale zadań.

2. Po każdej prezentacji następuje krótka sesja pytań i odpowiedzi, podczas której wszyscy członkowie grupy wyjaśniają pozostałym uczniom niezrozumiałe wątki wystąpienia bądź nakreślają wybrane szczegóły konstrukcyjne urządzenia.
3. Nauczyciel notuje swoje spostrzeżenia i przygotowuje ocenę na podstawie kryteriów zapisanych w regulaminie. O ile to potrzebne, uzupełnia wypowiedzi uczniów lub zadaje pytania pomocnicze.

10. Regulamin interdyscyplinarnego projektu edukacyjnego

1. Celem projektu jest praktyczne poznanie zasady działania maszyny elektrostatycznej na przykładzie maszyny Wimshursta. W toku realizacji zadania początkowo zgromadzisz odpowiednie materiały i narzędzia, a następnie wykonasz pomoc dydaktyczną. Zadanie pozwala także przeprowadzić demonstrację podstawowych zjawisk fizycznych z zakresu elektrostatyki.
2. W wyniku uczestnictwa w projekcie będziesz w stanie:
 - omówić zasadę działania maszyny Wimshursta i opisać jej podstawowe elementy;
 - opisać zagadnienia z zakresu nauk przyrodniczych, przede wszystkim fizyki, których uwzględnienie jest konieczne w kontekście wykonywania pomocy dydaktycznej;
 - przedstawić efekty swojej pracy w formie demonstracji działania wykonanej maszyny i prezentacji multimedialnej.
3. Praca odbywa się etapami i w grupach, zgodnie z podziałem przeprowadzonym na lekcji i według ustalonego harmonogramu.
4. Zasady pracy podczas wykonywania maszyny elektrostatycznej:
 - A. Każda grupa odpowiedzialna jest za skonstruowanie i uruchomienie, a następnie wykorzystanie do zilustrowania wybranego zagadnienia przedmiotowego maszyny elektrostatycznej Wimshursta. W tym celu członkowie grupy wykorzystują wskazane metody, np.:
 - samodzielny przegląd źródeł,
 - praca z tekstem, w tym instrukcją wykonania,
 - budowanie modelu przestrzennego.
 - B. Maszynę uczeń przygotowuje z wykorzystaniem materiałów plastycznych, codziennego użytku i przeznaczonych do recyklingu oraz podstawowych narzędzi, a zadania wymagające użycia komputera przeprowadza na własnym sprzęcie w ramach pracy domowej.
 - C. Wszelkie działania o charakterze praktycznym możliwe do przeprowadzenia w domu uczeń wykonuje, przestrzegając przepisów BHP (bezpieczeństwa i higieny pracy). W szczególności nie wolno do ich przeprowadzenia wykorzystywać substancji żrących, środków trujących itp.
 - D. Podsumowaniem pracy jest prezentacja maszyny oraz krótka prezentacja multimedialna przedstawiona na forum klasy.
 - E. Prezentacja musi zawierać:

- przedstawienie wstępu historycznego na temat genezy konstrukcji pierwszej maszyny elektrostatycznej (maszyny Wimshursta);
- krótki opis przebiegu prac konstrukcyjnych, omówienie tego, co było szczególnym wyzwaniem;
- opis wytworu – maszyny elektrostatycznej wykonanej z elementów codziennego użytku i materiałów z recyklingu;
- komentarz do demonstracji zjawiska (z zakresu fizyki, chemii, biologii) z wykorzystaniem skonstruowanej maszyny elektrostatycznej.

F. Podział zadań w grupie podczas prezentacji:

- uczeń 1: odpowiada za sprawne uruchomienie prezentacji i przełączanie jej slajdów;
- uczeń 2: wygłasza tekst prezentacji w części dotyczącej wstępu historycznego;
- uczeń 3: omawia rezultaty prac grupy, jej przebieg i efekty;
- uczeń 4: przedstawia działanie wykonanej przez grupę maszyny elektrostatycznej w wybranym przez grupę kontekście przedmiotowym.

5. Harmonogram i sposób komunikacji:

- wszystkie grupy – I tydzień (rozpoczęcie projektu); konsultacje zdalne – II i III tydzień (wybrany dzień tygodnia);
- termin prezentacji i podsumowanie projektu – IV tydzień (wybrany dzień tygodnia).

6. Kryteria oceny prezentacji multimedialnej.

- Najwyższą ocenę otrzymasz, jeśli wykonasz przydzielone zadania zgodnie z poleceniami.
- Otrzymasz odpowiednio niższą ocenę, jeśli w twoim wystąpieniu zabraknie poszczególnych elementów podanych w poleceniach lub zadania będą wykonane niestarannie.

Zadanie zostanie zaliczone, jeśli:

- a. zawrzesz podstawowe informacje historyczne dotyczące skonstruowanego urządzenia (kto jest autorem tej konstrukcji i z którego roku pochodzi) – 1 pkt;
- b. opiszysz podstawowe elementy maszyny i ich funkcję w urządzeniu – 3 pkt (jeśli opis będzie niekompletny, ale zawierający więcej niż 50% elementów, otrzymasz 2 pkt; jeśli brakować będzie więcej niż 50% elementów, otrzymasz 1 pkt);
- c. zademonstrujesz zjawisko (z zakresu fizyki, chemii, biologii) z wykorzystaniem maszyny elektrostatycznej – 2 pkt (jeśli przy opisie nie odwołasz do konkretnych treści przedmiotowych – 1 pkt);
- d. podczas prezentacji przedstawisz spójny wywód prowadzący od sformułowania problemu do jego rozwiązania – 3 pkt (jeśli w twoim wywodzie pojawią się pewne nieścisłości, otrzymasz 2 pkt, a jeśli twój wywód nie będzie spójny i jego elementy będą ułożone chaotycznie – 1 pkt).

1. Uczniowie biorący udział w projekcie zobowiązują się do:

- terminowości, czyli trzymania się ustalonego harmonogramu,
- zaangażowania wszystkich członków zespołu (każda osoba w grupie może być poproszona o poprowadzenie dowolnego etapu prezentacji),
- efektywnego dzielenia się wiedzą,

- współdziałania przy wykonywaniu maszyny elektrostatycznej oraz opracowywaniu prezentacji multimedialnej.
2. Nauczyciel zobowiązuje się do:
- czuwania nad prawidłowym przebiegiem projektu,
 - opieki nad zespołem podczas realizacji projektu, udzielania wsparcia i konsultacji,
 - pomocy uczniom w realizacji projektu,
 - oceny projektu zgodnie z przyjętymi w regulaminie kryteriami oceniania.
3. Zasady pracy w projekcie:
- Pracujemy w grupach projektowych.
 - Wszyscy mamy równe prawa.
 - Podczas realizacji projektu nie krytykujemy się nawzajem, szanujemy odmienne zdanie innych uczestników projektu.
 - W razie problemów w realizacji zadań pomagamy sobie nawzajem.
 - Nikogo nie wykluczamy z realizacji projektu.

10.1. Instrukcja wykonania maszyny elektrostatycznej (załącznik do regulaminu)

Litera M oznacza materiały niezbędne do wykonania poszczególnych części maszyny. Ponumerowano je cyframi arabskimi. Natomiast litera N oznacza narzędzia wykorzystywane na każdym z etapów prac. Oznaczono je za pomocą cyfr rzymskich.

Liczba w nawiasie oznacza, który z materiałów będzie używany na danym etapie prac. Na przykład w etapie 2. mamy w nawiasach: (M: 6, 7, 8, 9, 10, 11), (N: V, VI, VII, XII), oznacza to, że niezbędne będą: nakrętka od słoika (6), 2 krążki z tworzywa sztucznego (7) itd. Na tym etapie prac niezbędne będą również: pistolet do kleju na gorąco (V) oraz wkłady do kleju na gorąco (VI) itd.

Potrzebne materiały i narzędzia

- materiały konstrukcyjne
 - a. (1) podstawa z izolatora (np. tworzywa sztucznego lub drewna) o wymiarach minimalnych 24 cm na 28 cm;
 - b. (2), (3), (15) 5 butelek PET o pojemności 0,5 litra, wszystkie z nakrętkami: 2 butelki jako statywy; jedna, koniecznie z przewężeniem; fragmenty 2 kolejnych – części górne z gwintem;
 - c. (4) 2 podpory z drutu lub z tworzywa sztucznego;
 - d. (5) drut o długości 12 cm i średnicy 2–4 mm;
 - e. (6) 1 nakrętka od słoika o średnicy około 6 cm;
 - f. (7) 2 krążki z tworzywa sztucznego o średnicy nieco większej od średnicy nakrętki od słoika;
 - g. (8) 2 kątowniki metalowe lub z tworzywa sztucznego o długości jednego z boków nieco większym od promienia nakrętki od słoika;
 - h. (9) 1 śruba z płaską główką o średnicy 5 mm wraz z nakrętką;
 - i. (10) 2 podkładki z tworzywa sztucznego z otworem o średnicy śruby;
 - j. (11) 8 wkrętów do drewna o średnicy około 3 mm i długości około 5 mm;
 - k. (12) 2 płyty CD, z których usunięto mechanicznie metaliczne pokrycie strony z zapisem danych oraz nadruk ze strony wierzchniej; alternatywnie płytki

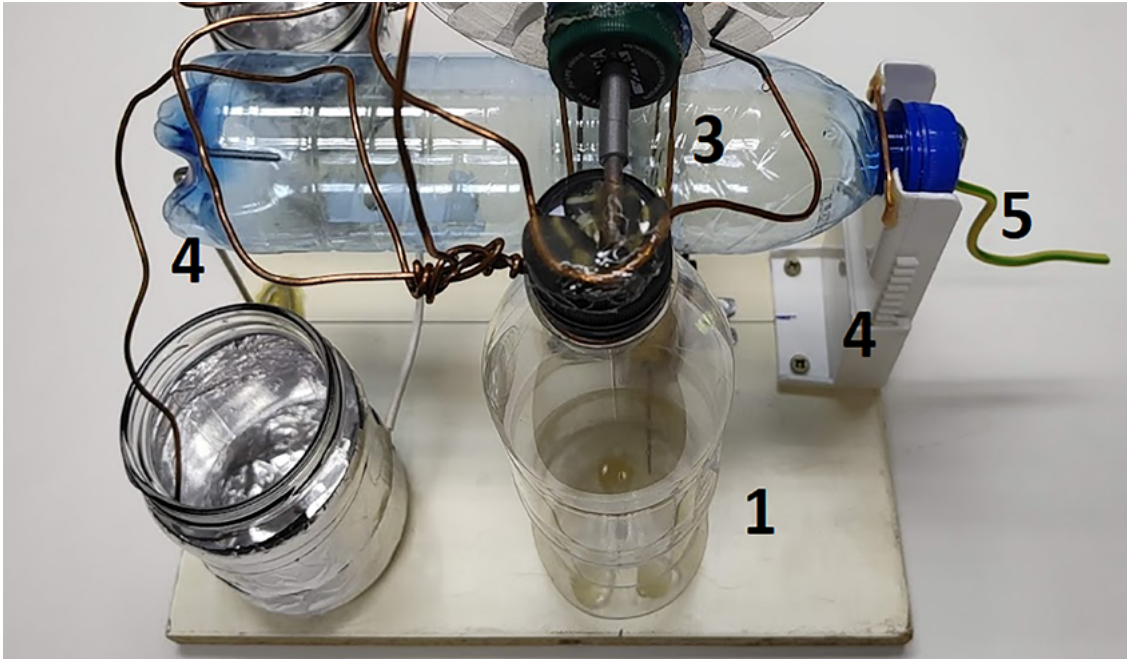
plastikowe oddzielające płyty CD w zbiorczym opakowaniu płyt (tzw. opakowaniu w formie pudełka na ciastka);

- l. (13) aluminiowa taśma z klejem, np. stosowana do wykończeń połączeń rur;
 - m. (14) 2 dodatkowe nakrętki z butelek PET;
 - n. (16) stalowy (lub inny sztywny) pręt o długości min. 20 cm i średnicy 3–4 mm;
 - o. (17) plastikowe rurki o długości około 10 cm i średnicy nieznacznie większej od średnicy pręta (rurka powinna luźno wchodzić na stalowy pręt (16));
 - p. (18) 2 takie same słoiki o pojemności około 0,5 litra;
 - q. (19) przewód w izolacji o długości 25 cm i polu przekroju większym niż 1,5 mm²;
 - r. (20) drut miedziany o minimalnej średnicy 2 mm i długości około 2,5 m;
 - s. (21) 4 sprężynki od długopisów o średnicy wewnętrznej zbliżonej do średnicy drutu miedzianego (20);
 - t. (22) druciki miedziane o łącznej długości około 5 cm (np. z przewodu w izolacji (19));
 - u. (23) pręt z tworzywa sztucznego długości ok. 10 cm (np. zużyty długopis lub flamaster);
 - v. (24) 60 cm gumy modelarskiej o polu przekroju 4–8 mm².
- narzędzia:
 - a. (I) ołówek HP;
 - b. (II) linijka min. długości 20 cm;
 - c. (III) zapalniczka gazowa;
 - d. (IV) gwóźdź o średnicy 2,5 mm;
 - e. (V) pistolet do klejenia z tzw. klejem na gorąco;
 - f. (VI) 2 wkłady do pistoletu z klejem na gorąco;
 - g. (VII) wiertarka z wiertłem o średnicy śruby;
 - h. (VIII) kątomierz;
 - i. (IX) nożyczki;
 - j. (X) lutownica do połączeń miękkich wraz ze spoiwem (cyną i kalafonią);
 - k. (XI) szcypce uniwersalne (potocznie: kombinerki);
 - l. (XII) wkrętak krzyżakowy (potocznie: śrubokręt).

Etap 1. Montaż podpór i mocowanie butelki napędowej

(M: 1, 3, 4, 5), (N: I, II, III, IV)

- Wyznacz oś dzielącą podstawę maszyny (1) na równe części. W tej osi zamocuj butelkę.
- W dnie butelki z przewężeniem (3) wywierć wiertłem otwór na oś/podporę (4).
- Następnie zamocuj butelkę z jedną podporą oraz połącz ją z drugą. Jedna z podpór powinna obejmować szyjkę butelki, umożliwiając jej obrót.
- Przytwierdź podpory (4) do podstawy (fot. 1). Jedna z podpór może być wykonana z materiału umożliwiającego regulację wysokości, co ułatwia poziomowanie butelki.
- Do nakrętki butelki przyklej korbę napędową (5).

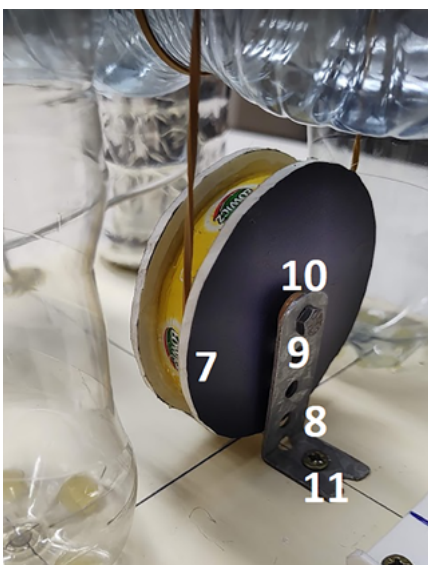


Fot.1. Widok butelki napędowej wraz z podporami i kołem napędowym.

Etap 2. Budowa i montaż koła napędowego

(M: 6, 7, 8, 9, 10, 11), (N: V, VI, VII, XII)

- Do nakrętki od słoika (6) przyklej z obu stron krążki (7). Element ten stanowi koło napędowe maszyny. Grubość nakrętki powinna wynosić 0,5–1 cm. Nakrętka słoika powinna mieć średnicę większą od średnicy butelki napędowej, a krążki powinny mieć średnicę większą niż średnica nakrętki.
- Za pomocą wiertarki wykonaj w środku tego koła otwór na śrubę (9). Przetnij śrubę, pamiętając, że z każdej strony zakładamy podkładki (10).
- Połącz kątowniki (8) z kołem napędowym (fot. 2).



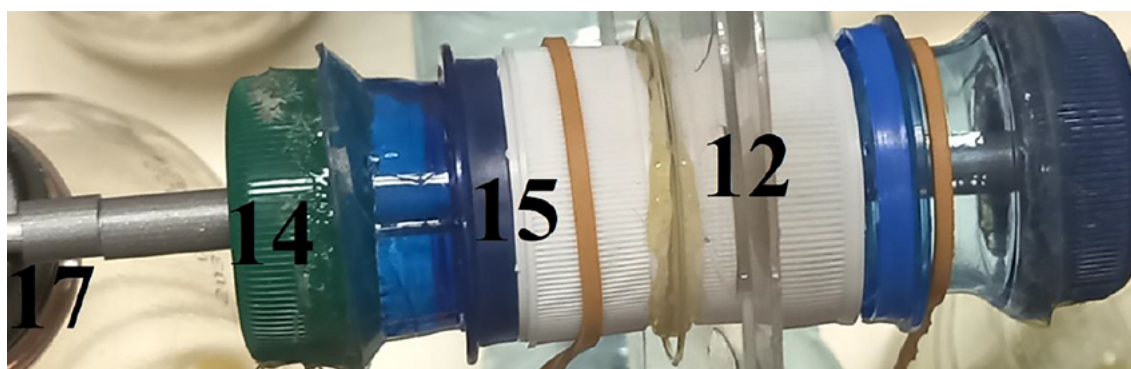
- Całość zamocuj do deski za pomocą wkrętów w odległości około 2–3 cm od przewężenia butelki (11).

Fot. 2. Widok mocowanie koła napędowego.

Etap 3. Przygotowanie i łączenie płyt

(M: 12, 13, 14, 15, 16, 17), (N: I, VIII, IX)

- Wytnij z samoprzylepnej folii aluminiowej (13) wcześniej narysowane na niej elementy w kształcie kropli, każdy o powierzchni około 2 cm². Do wykonania płyt (tarcz) niezbędne będą 32 takie elementy.
- Na kartce narysuj koło o średnicy 20 cm. Za pomocą kątomierza wyznacz 16 równych kątów (każdy o mierze 22,5 stopnia). Kartka ta umożliwi prawidłowe rozmieszczenie elementów z aluminiowej folii.
- Do kartki przyklej przezroczystą taśmą klejącą płytę CD (12), na której w równych odstępach umieść wycięte z folii aluminiowej elementy. Górna krawędź każdego elementu powinna znajdować się około 0,5 cm od krawędzi płyty. Płyty CD muszą być pozbawione nadruku z jednej strony oraz metalicznej warstwy z drugiej strony (z zapisem cyfrowym danych). Zamiennie można wykorzystać płytki, które oddzielają płyty CD w opakowaniu zbiorczym.
- Czynności powtórz dla drugiej płytki.
- Wykonaj otwory w środkach czterech nakrętek (14,15). Średnica tych otworów powinna być taka, by plastikowa rurka (17) bardzo ciasno w nie wchodziła. Odetnij szyjki dwóch butelek PET (15) w miejscu, gdzie się rozszerzają, i nakręć na nie nakrętki z otworami. Za pomocą kleju na gorąco połącz osiowo szyjki butelek z pozostałymi przewierconymi nakrętkami (fot. 3).
- Płyty CD przyklej w osi do nakrętek nakręconych na obcięte szyjki butelek. W kolejnym kroku odetnij dwa kawałki rurki plastikowej (17) o takich długościach, by po wepchnięciu w otwory nakrętek wystawały ok. 1 cm po obu stronach.
- Załóż obie płyty na pręt (16) tak, by do siebie przylegały. Odetnij 2 kawałki rurki (17) i nałóż je na oba końce pręta (16). Ich długość powinna być tak dobrana, by uniemożliwiać przesuwanie się płyt CD na boki (fot. 3). Nakrętki do płyty należy przyklejać od strony pasków aluminiowych umieszczonych na płycie.



Fot 3. Widok osi wraz z zamontowanymi na niej płytami i elementami je napędzającymi.

Etap 4. Montaż butelek wspornikowych oraz płyt

(M: 2), (N: V, VI)

- Butelki wspornikowe (2) przyklej do podstawy (1) w odległości 18 cm od siebie po obu stronach osi zaznaczonej na desce. Ważne jest, aby były ustawione w tej samej linii co koło napędowe (fot. 1).
- Pręt (16), na który założone są płyty CD, zamocuj za pomocą kleju na gorąco na nakrętkach butelek wspornikowych.

Etap 5. Wykonanie i montaż butelek lejdejskich

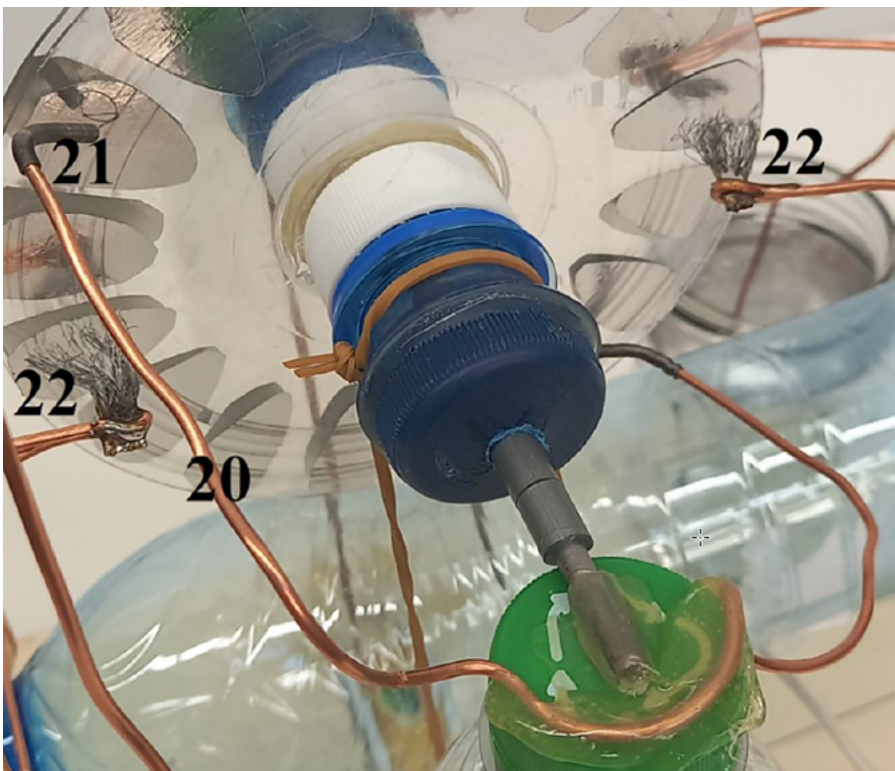
(M: 13, 18, 19), (N: V, VI, IX)

- Słoiki (18) oklej z zewnątrz oraz w środku samoprzylepną folią aluminiową (13), pozostawiając dno bez folii, ponieważ w tych miejscach będziemy umieszczać klej mocujący je do podstawy. Słoiki oklej do wysokości około 2 cm od krawędzi górnej każdego z nich.
- Następnie przyklej słoiki obok siebie w odległości ok. 16 cm i połącz ich zewnętrzne ściany za pomocą przewodu (19).

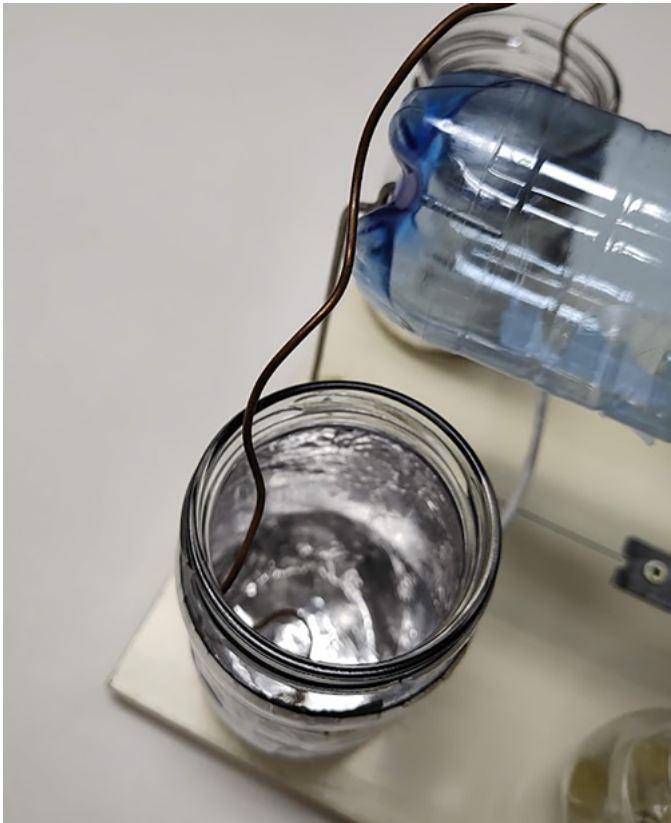
Etap 6. Montaż szczotek i grzebieni

(M: 20, 21, 22), (N: V, VI, X, XI)

- Do wykonania szczotek niezbędne są dwa kawałki drutu (20) po 26–28 cm każdy. Końce drutów wsuń na głębokość ok. 1 cm w sprężynki (21) od długopisu i za pomocą kombinerek ściśnij, aby się nie przemieszczała (można użyć kleju, pod warunkiem, że przewodzi prąd elektryczny). Średnica wewnętrzna sprężynek musi być taka sama lub zbliżona do średnicy drutu. Połowa długości sprężynki powinna wystawać poza drut tak, by mogła stykać się z segmentami folii aluminiowej umieszczonymi na płycie CD. W urządzeniu należy zamocować dwa druty i każdy wygiąć tak, by jego środek leżał na nakrętce butelki wspornikowej, a sprężynki dotykały segmentów folii aluminiowej na płycie CD na poziomie średnicy płyty (20), tworząc kąt 45° do poziomu.
- Dwie szczotki powinny tworzyć literę X. Drut, na końcu którego się znajdują, zamontuj do butelek wspornikowych za pomocą kleju.
- Konstrukcję grzebieni zbierających ładunek rozpocznij od zlutowania kilku małych kawałków cienkiego drutu miedzianego (22), otrzymując rodzaj grzebienia – miotełki. Należy wykonać cztery takie elementy.
- Zegnij koniec drutu o długości 35 cm na odcinku około 0,5 cm. W zagięcie wsuń grzebień i zaciśnij (można także przylutować). Uformuj drut w kształt litery U tak, by obejmował płyty CD z obu stron (fot. 4).
- Zegnij drut i wsuń w zagięcie drugi grzebień, następnie zaciśnij lub zlutuj. Wykonaj dwa takie elementy z dwoma grzebieniami na obu końcach każdy.
- Grzebień zbierający ustaw naprzeciwko siebie tak, by między nimi znalazły się płyty CD. Powinny być ustawione poziomo na wysokości osi obrotu płyt. Całość zamontuj, owijając drut wokół szyjki jednej z butelek wspornikowych i skręcając go.
- Środkową część drutu wprowadź do jednego ze słoików. Koniec drutu powinien być mocno zagięty, by nie zniszczył folii aluminiowej wewnątrz słoika, i tak uformowany, by siła sprężystości dociskała go do ścianki słoika (fot. 5).
- Drugi element z grzebieniami ustaw po drugiej stronie płyt CD i zamontuj na drugiej butelce wspornikowej. Drut wprowadź do drugiego słoika, mocując tak jak pierwszy.



Fot. 4. Widok szczotek i grzebieni.

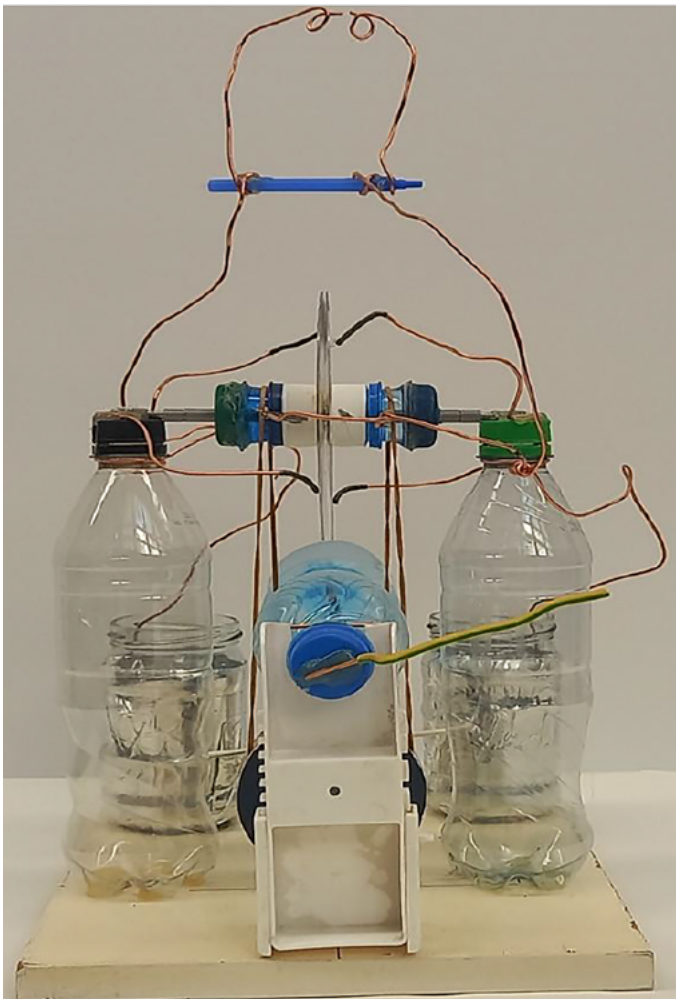


Fot. 5. Widok wnętrza jednej z butelek.

Etap 7. Łączenie elementów drutem oraz konstrukcja iskrowników

(M: 20,23), (N: V,VI,XI)

- Iskrowniki wykonuj z dwóch odcinków drutu (20) ok. 30 cm. Koniec jednego drutu owiń wokół drutu, do którego przymocowane są grzebienie. Całość zamocuj do szyjki jednej z butelek wspornikowych (można przylutować). Poprowadź drut w górę ponad płyty CD.
- Drugi drut zamocuj tak samo jak poprzedni, ale do drugiego grzebienia. Całość zamocuj na drugiej butelce wspornikowej i prowadź w górę. Dla ustabilizowania iskrowników przyklej oba do wkładu długopisu (23), (fot. 6).
- Końce iskrowników ustaw w odległości ok. 5 mm od siebie.



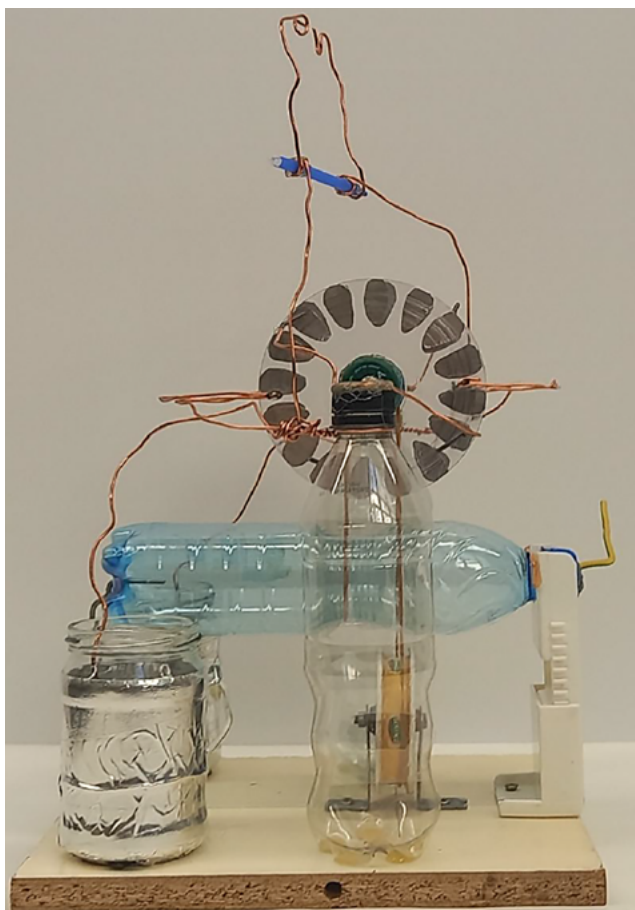
Fot. 6. Widok maszyny elektrostatycznej w osi równoległej do butelki napędowej.

Etap 8. Połączenie elementów gumą modelarską

(M: 24), (N: IX)

- Połącz płyty z butelką napędową za pomocą gumy modelarskiej (24).
- Rozpocznij od umieszczenia jednego z jej końców pod kołem napędowym, następnie przeciągnij gumkę przez szyjkę butelki przyklejoną do jednej z płyt CD. Przeciągnij pod butelką napędową na zwężeniu i przełóż z drugiej strony przez szyjkę butelki przyklejoną do drugiej płyty.

- Kierując się w dół, zwiąż gumę z końcem pozostawionym pod kołem napędowym (fot. 7). Takie poprowadzenie gumki napędowej powoduje, że obie płyty CD obracają się w przeciwnych kierunkach, co jest kluczowe dla poprawnego działania urządzenia. Guma powinna być naciągnięta z wycuciem, ponieważ jeśli będzie zbyt luźna, płyty CD nie będą się obracać, a jeśli zostanie zbyt napięta, butelka napędowa może się odkształcać (fot. 6).



Fot. 7. Widok maszyny elektrostatycznej w osi prostopadłej do butelki napędowej.

11. Kryteria oceny i informacja zwrotna dla uczniów

Jeśli uczeń poprawnie wykonał urządzenie i przedstawił informacje z nim związane, ale nie wskazał kontekstu przedmiotowego jego wykorzystania (nie zaprojektował doświadczeń) oznacza to, że opanował materiał na poziomie umiejętności odtwarzania na podstawie szczegółowego opisu.

Jeśli uczeń dodatkowo wskazał przykłady wykorzystania wykonanego urządzenia do zaprezentowania zagadnień z fizyki, chemii lub biologii, a przy tym:

- samodzielnie rozwiązał trudności, które pojawiły się w toku prac konstrukcyjnych i scharakteryzował specyficzne trudności zadania;
- zaprezentował doświadczenie z zakresu fizyki, chemii lub biologii, do przeprowadzenia którego wykorzystał zbudowaną maszynę elektrostatyczną, – oznacza to, że opanował materiał na poziomie zastosowania, analizy i syntezy.

Jeśli przyjrzeć się kryteriom oceny prezentacji multimedialnej, można dostrzec pola do formułowania informacji zwrotnej, odnoszącej się do poniższych zagadnień. Uczeń:

- zawarł podstawowe informacje historyczne dotyczące skonstruowanego urządzenia;
- opisał podstawowe elementy maszyny i ich funkcję w urządzeniu;
- zademonstrował zjawisko (z zakresu fizyki, chemii, biologii) z wykorzystaniem maszyny elektrostatycznej;
- podczas prezentacji przedstawił spójny wywód, prowadzący od sformułowania problemu do jego rozwiązania.

Przykładowo: jeżeli uczeń poprawnie wykonał zadania jedynie w zakresie opisanym w punkcie A, oznacza to, że osiągnął cel: „gromadzi i analizuje informacje o zasadzie działania maszyny Wimshursta” na poziomie odtwarzania prostego. Nauczyciel powinien zaproponować uczniowi krytyczną analizę tych czynników i próbę powiązania wiedzy z różnych zakresów (zapisaną w punktach B i C).

Jeżeli uczeń poprawnie wykonał zadania w zakresie opisanym w punkcie B, oznacza to, że osiągnął cel projektu na poziomie rozumienia, ale powinien położyć większy nacisk na aspekt międzyprzedmiotowy. Nauczyciel może polecić pracę z dodatkowym tekstem źródłowym.

Jeżeli uczeń poprawnie wykonał zadania w zakresie opisanym w punkcie C, oznacza to, że osiągnął cel projektu na poziomie wiedzy, rozumienia i zastosowania (także ilustrowania kontekstowego).

Jeżeli uczeń poprawnie wykonał zadania w zakresie opisanym w punktach od A do D, oznacza to, że osiągnął cele operacyjne na poziomie wiedzy, umiejętności i postaw. Nauczyciel powinien mu pogratulować osiągnięć i postawić najwyższą ocenę.

12. Wskazówki dotyczące wyboru zadań pod kątem SPE

Wszystkie zadania i proponowane źródła dostosowane są do potrzeb osób z dysfunkcjami wzroku lub słuchu (e-materiały są zgodne ze standardem WCAG, zadania można rozwiązywać z użyciem czytników ekranu), z niepełnosprawnością ruchową, z chorobami przewlekłymi, a częściowo także ze specyficznymi trudnościami w uczeniu się.

Aby zapewnić równowagę między zespołami, nauczyciel powinien tak dobrać skład grup, żeby najlepiej wykorzystać potencjał uczniów. Można to zrobić poprzez zaangażowanie uczniów zdolnych jako liderów zespołów zadaniowych, koordynujących pracę pozostałych uczniów i służących im radą. Uczniowie ze specyficznymi trudnościami w uczeniu się powinni mieć jasno określone zadania, które z jednej strony nie okażą się ponad ich siły, ale jednocześnie ich nie zdemotywują, jeśli wymagania będą zbyt niskie.

Zadania oparte jest na pracy z instrukcją i schematami graficznymi, dlatego może sprawić trudność uczniom z dysfunkcją wzroku oraz ograniczeniami obejmującymi czynności manualne.

Uczniom uzdolnionym językowo i literacko można powierzyć przygotowanie prezentacji od strony tekstowej (z wykorzystaniem edytorów tekstów i programów do tworzenia prezentacji multimedialnych), natomiast uczniowie uzdolnieni plastycznie mogą przygotować rysunki i schematy oraz oprawę graficzną prezentacji multimedialnej.

13. Ewaluacja projektu edukacyjnego (narzędzie służące ewaluacji projektu)

Monitorowanie realizacji celów odbywa się na bieżąco. Ewaluację można oprzeć na dyskusji zmierzającej do określenia kolejności, w jakiej uczniowie prezentują swoje prace oraz dyskusji, jaka towarzyszy podsumowaniu projektu. Należy przyjąć, że rozwiązanie i omówienie prac grupowych (formalnie przewidziane na 3 minuty) – jeśli tylko pozwala zmieścić się w tym czasie – oznacza realizację wymagań podstawy programowej.

Jeżeli uczniowie zilustrują swoje rozważania adekwatnym przykładem, oznacza to, że zrealizowali wymagania określone jako przekrojowe.

Jeśli w prezentacji multimedialnej uczniowie wykorzystali do opisu zagadnień adekwatne przykłady, można założyć, że rozwinęli kompetencje kluczowe, społeczne oraz umiejętności uniwersalne (znajdują one odzwierciedlenie głównie w zapisach wymagań przekrojowych poszczególnych przedmiotowych podstaw programowych), m.in.:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji (praca z materiałem źródłowym, wykonywanie maszyny według instrukcji, tworzenie prezentacji),
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii (stworzenie maszyny według szczegółowych opisów, przy konieczności dokonywania obliczeń na bieżąco),
- umiejętność pracy w zespole (opracowanie demonstracji i prezentacji),
- umiejętność rozwiązywania problemów,
- kreatywność (projektowanie doświadczeń, modeli i symulacji),
- innowacyjność,
- poszanowanie odmiennych opinii i umiejętność argumentowania swojego stanowiska.

Punktacja zawarta w regulaminie projektu dostarcza dodatkowych informacji o przebiegu projektu. O ile wykonanie zadania z jednej z trzech grup opisanych wyżej świadczy o realizacji przypisanego celu operacyjnego, o tyle liczba zdobytych przez uczniów punktów pozwala zorientować się, na jakim poziomie ten cel został zrealizowany – wiedzy, rozumienia (4 pkt) czy też analizy (5–8 pkt).

Za pomocą ankiety można uzupełnić obraz wyłaniający się z wyników zadań. Ankieta taka może zawierać następujące pytania:

- Czy realizacja projektu pomogła uczniom poznać zasadę działania maszyny elektrostatycznej? Jeśli nie, to dlaczego?
- Czy realizacja projektu pomogła uczniom wskazać kluczowe etapy konstrukcji maszyny elektrostatycznej? Jeśli nie, to dlaczego?
- Czy korzystanie z materiałów ZPE wspomagały uczenie się? Jeśli nie, to dlaczego?
- Co pomagało, a co przeszkadzało w pracy w grupie projektowej?
- Czy zadania były dla uczniów odpowiednio pod względem trudności?

Wyniki zadań i odpowiedzi na powyższe pytania mogą prowadzić do kolejnych wniosków. Nauczyciel przeprowadza ewaluację w arkuszu obserwacji. Na każde pytanie zaznacza odpowiedzi w skali od 1 do 5.

Czy i w jakim stopniu:

- projekt i metody są adekwatne do możliwości uczniów?
- projekt wymaga modyfikacji?
- projekt zapewnia realizację celów określonych w wymaganiach ogólnych i treści opisanych w wymaganiach szczegółowych podstawy programowej?
- projekt zapewnia kształcenie kompetencji kluczowych?

14. Komentarz metodyczny

Treści kształcenia, formy i metody realizacji projektu edukacyjnego nawiązują do programów nauczania fizyki dla szkoły ponadpodstawowej (liceum ogólnokształcącego, technikum) na poziomie podstawowym autorstwa Franciszka Białasa.

Zadania projektowe w tym scenariuszu obejmują problematykę z obszaru fizyki, chemii i biologii.

Podstawowe zadanie ma charakter konstrukcyjny i kształtuje umiejętności manualne oraz praktyczne. W projekcie sięgamy po metody aktywizujące oparte na idei nauczania w toku działania.

Konstrukcja projektu oraz propozycja kryteriów oceniania pozwalają na realizację zajęć z uczniami o zróżnicowanych i specjalnych potrzebach edukacyjnych, zarówno w klasie, jak i zdalnie. Rozwiązywanie potencjalnych problemów przedsięwzięcia wymaga różnych kompetencji, np. praktycznych, analitycznych lub przedmiotowych. Można to wykorzystać przy doborze zadań albo tworzeniu grup, kierując uwagę uczniów na problemy dostosowane do ich uzdolnień i potencjału.

15. Instrukcje i wskazówki dotyczące wykorzystania zasobów i narzędzi Zintegrowanej Platformy Edukacyjnej

Nauczycielom, którzy do tej pory nie korzystali z platformy ZPE, polecamy serię filmów instruktażowych, które wyjaśniają obsługę jej najważniejszych narzędzi. Kreator e-materiałów to narzędzie, dzięki któremu można samodzielnie tworzyć własny materiał edukacyjny, a także testy i sprawdziany, a następnie udostępnić je uczniom. Jeszcze prościej można tworzyć materiały za pomocą funkcji „teczki”. Niczym w sklepie internetowym dodajemy do koszyka (teczki) elementy z materiałów zamieszczonych na platformie i tworzymy własny, który udostępniamy uczniom. Materiały instruktażowe dostępne są na ZPE:

- Udostępnianie e-materiałów i sprawdzanie wyników (dostęp: 20.03.2023),
- Kreator e-materiałów (dostęp: 20.03.2023)
- Tworzenie ścieżek nauki (dostęp: 20.03.2023)

16. Prawa autorskie

Wraz z rozwojem Internetu nasiliło się zjawisko łamania praw autorskich. Część uczniów nie wie lub nie rozumie, że kopiowanie tekstów i zdjęć może być kradzieżą. Doświadczenia, projekty oraz wzajemne nauczanie stwarzają dobrą okazję do zaznajamiania uczniów z prawem autorskim, które broni ich samych tak, jak innych autorów.

Uczniowie, wykorzystując w swojej pracy fragmenty cudzych utworów, powinni umieścić informację o autorze oraz o źródle, z którego skorzystali. Jeśli skorzystali z fragmentu materiału zawartego na stronie WWW, powinni podać autora oraz adres

strony WWW, datę kopiowania (strony WWW czasami ulegają zmianom, więc sam adres nie jest wystarczającą informacją). Jeśli skorzystali z fragmentu książki (w tym podręcznika), powinni podać autora, tytuł, wydawcę, rok i miejsce wydania oraz stronę. Jeśli skorzystali z encyklopedii lub innego źródła, które posiada bardzo wielu autorów powinni podać jego tytuł, wydawcę, rok i miejsce wydania oraz stronę. Jeśli skorzystali z artykułu (np. w „Młodym Techniku”) powinni podać autora, tytuł czasopisma, rocznik, numer zeszytu i numer strony.

17. Bibliografia

Program nauczania

Białas F., 2019, *Z fizyką przez wszechświat*, Warszawa: ORE (PDF, 55 866 kB; dostęp 10.02.2023).

Materiały edukacyjne na ZPE

Jakubowska M., Lorek K., *Elektryzowanie ciała i rozkład ładunku na powierzchni elektryzowanych ciał*, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Jakubowska M., *Układ linii pola elektrycznego wokół przewodnika*, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Materiały instruktażowe dla nauczycieli

Kreator e-materiałów, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Tworzenie ścieżek nauki, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Udostępnianie e-materiałów i sprawdzanie wyników, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Materiały internetowe

Plastic bottle and CD Wimshurst Machine, YouTube (dostęp 10.02.2023).

How a Van de Graaff Generator Work, YouTube (dostęp 10.02.2023).

Tomasz Greczyło – profesor w Zakładzie Nauczania Fizyki Wydziału Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Wrocławskiego. Członek Zarządu Oddziału Wrocławskiego Towarzystwa Fizycznego. Autor prac związanych z nauczaniem fizyki. Współautor obecnie obowiązującej podstawy programowej fizyki dla szkoły podstawowej, liceum oraz technikum. Współorganizator i aktywny uczestnik licznych konferencji naukowych oraz szkoleń poświęconych zagadnieniom edukacyjnym. Jego główne zainteresowania naukowe obejmują dydaktykę fizyki oraz metodykę nauczania, a szczególnie problematykę wykorzystania technologii informacyjno-komunikacyjnej w procesach nauczania i uczenia się.

Mateusz Ślęczek – absolwent Uniwersytetu Wrocławskiego. Od 2016 roku związany z nauczaniem – rozpoczął jako nauczyciel w szkołach podstawowych, obecnie naucza fizyki w liceach ogólnokształcących. W pracy z młodzieżą stawia na naukę przez doświadczanie.