



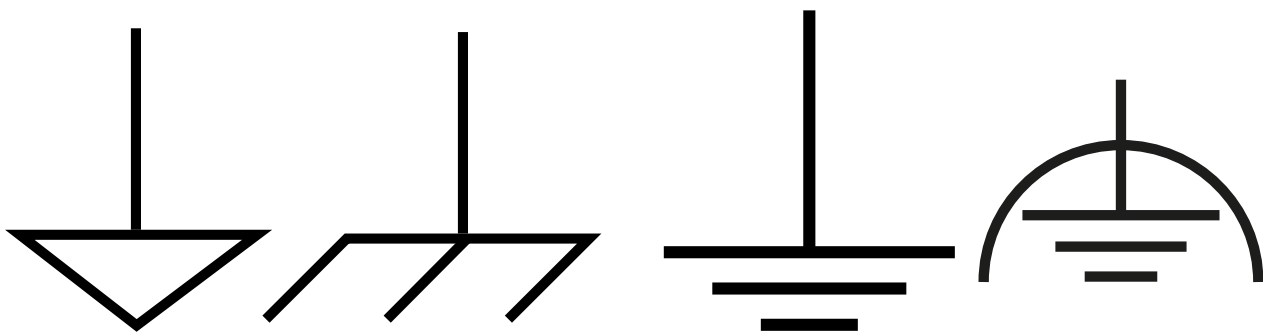
Jak definiuje się potencjał pola i jaka jest jego jednostka?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film samouczek](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)

Jak definiuje się potencjał pola i jaka jest jego jednostka?

Czy to nie ciekawe ?

Polami potencjalnymi rozważanymi w fizyce są np.: pole grawitacyjne czy pole elektryczne. Zazwyczaj za punkt odniesienia do obliczania potencjału (tj. punkt, w którym potencjał wynosi zero) przyjmuje się nieskończoność. W elektrotechnice i elektronice punktem odniesienia jest Ziemia, przewód ochronny, czy wydzielony fragment obwodu nazywany masą (Rys. a.).



Twoje cele

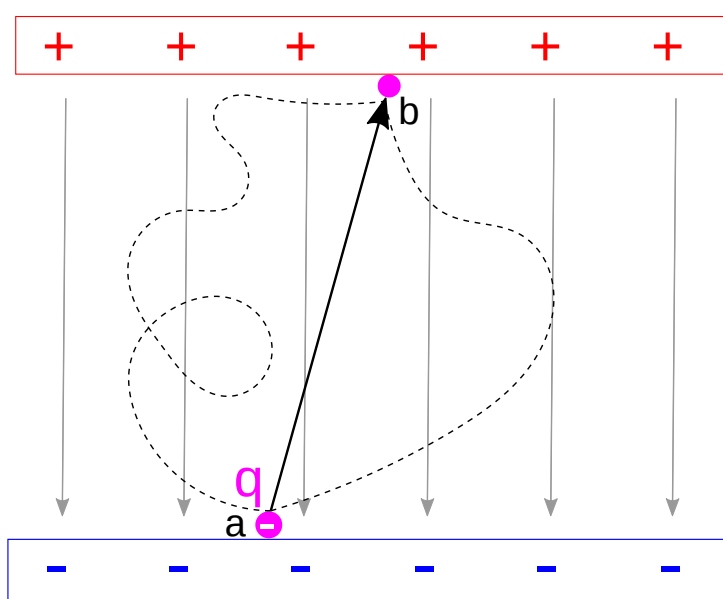
W tym e-materiale:

- poznasz definicję potencjału elektrycznego i jego jednostkę,
- zapoznasz się z pojęciem powierzchni ekwipotencjalnej,
- przeanalizujesz związek między potencjałem elektrycznym, pracą i energią potencjalną,
- zbadasz przykład zastosowania potencjału elektrycznego do obliczenia prędkości naładowanej cząstki.

Przeczytaj

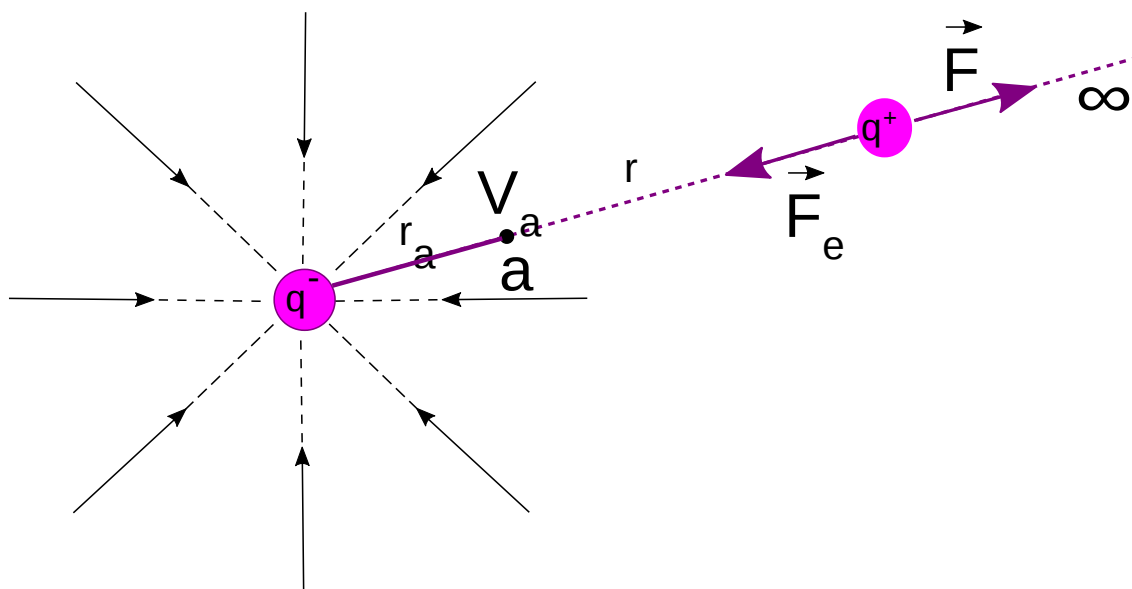
Warto przeczytać

Pole elektryczne pośredniczy w oddziaływaniach między ładunkami. Jeśli ładunek q znajduje się w polu elektrycznym o natężeniu $\vec{E}$, działa na niego siła elektrostatyczna $\vec{F} = q\vec{E}$. Siła ta jest *zachowawcza*. Oznacza to, że praca przesunięcia ładunku przez siłę elektrostatyczną zależy wyłącznie od położenia początkowego i końcowego ładunku, a nie od drogi, po której nastąpiło przesunięcie (Rys. 1.).



Rys. 1. Ponieważ pole elektryczne jest polem potencjalnym, to praca przeniesienia ładunku z punktu a do punktu b nie zależy od kształtu drogi ładunku między tymi punktami

Zachowawczość pola elektrostatycznego pozwala na wprowadzenie wielkości fizycznej ułatwiającej wyznaczanie pracy przesunięcia ładunku oraz jego energii potencjalnej. Tą wielkością jest *potencjał elektryczny*.



Rys. 2. Praca wykonywana podczas przenoszenia ładunku q z danego punktu do nieskończoności, pole elektrostatyczne działa na ładunek siłą F_e .

Potencjał elektryczny V to wielkość skalarna, która jest równa stosunkowi pracy, jaką pole elektryczne musi wykonać, by przenieść ładunek q z danego punktu do nieskończoności, do wartości tego ładunku (Rys. 2.).

$$V = \frac{W}{q}$$

Jednostką potencjału jest *wolt* (V):

$$[1V] = [1\frac{J}{C}] = [1\frac{kg \cdot m^2}{A \cdot s^3}]$$

Nazwa jednostki pochodzi od nazwiska fizyka *Alessandro Volty*.

Alternatywnie, potencjał pola elektrycznego w danym punkcie możemy zdefiniować jako stosunek energii potencjalnej ładunku q do jego wartości.

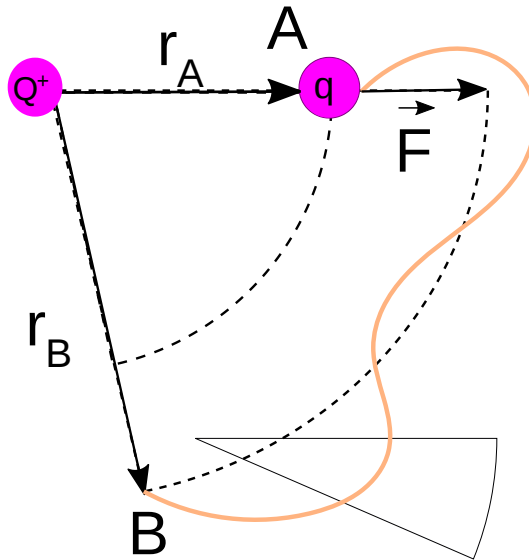
$$V = \frac{E_p}{q}$$

Potencjał pola zależy od tego, w jaki sposób jest rozłożony w przestrzeni ładunek, który wytwarza to pole. Na przykład potencjał pola elektrycznego wokół ładunku punktowego Q opisuje równanie:

$$V(r) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r}$$

Potencjał jest użyteczną wielkością w przypadku, kiedy chcemy wyznaczyć pracę przeniesienia ładunku elektrycznego, zarówno przez pole elektryczne, jak i zewnętrzne siły w obecności pola elektrycznego.

Rozważmy następujący przykład (Rys. 3.). Nieruchomy ładunek punktowy Q wytwarza pole elektryczne. W punkcie A w odległości r_A od ładunku Q znajduje się ładunek próbny q . Obliczmy, jaką pracę wykona pole elektryczne, przesuając ładunek q z punktu A do punktu B , który znajduje się w odległości r_B od ładunku Q .



Rys. 3. Praca sił pola elektrycznego.

Praca przeniesienia ładunku z punktu A do nieskończoności wynosi:

$$W_{A \rightarrow \infty} = qV_A,$$

gdzie V_A to wartość potencjału w odległości r_A od ładunku Q . Natomiast praca przeniesienia tego ładunku z punktu B do nieskończoności równa jest:

$$W_{B \rightarrow \infty} = qV_B.$$

Oznacza to, że pole elektryczne, przynosząc ładunek q z punktu A do punktu B wykona pracę równą różnicy tych dwóch wartości:

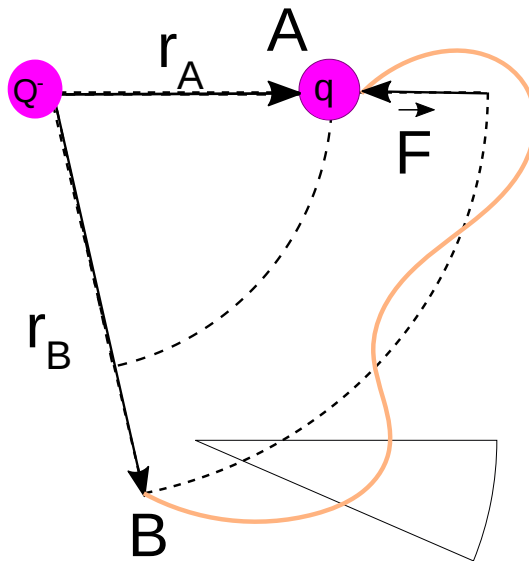
$$W_{A \rightarrow B} = W_{A \rightarrow \infty} - W_{B \rightarrow \infty} = q(V_A - V_B).$$

Dla pola elektrycznego pochodzącego od ładunku punktowego Q praca ta wyniesie więc:

$$W_{A \rightarrow B} = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

Rozważmy teraz bardziej szczególny przypadek. Niech oba ładunki Q i q będą tego samego znaku (tzn. oba dodatnie lub oba ujemne), a odległość r_B większa niż r_A . W tej sytuacji praca pola elektrycznego będzie dodatnia - ładunki tego samego znaku się odpychają.

Zmiana jednego z tych założeń oznaczać będzie ujemną pracę pola. Jeśli pole wykonuje pracę dodatnią, energia potencjalna ładunku q maleje.



Rys. 4. Praca sił pola elektrycznego.

Przeciwny znak niż praca pola, będzie miała praca sił zewnętrznych. Siła zewnętrzna, przenosząc ładunek q z punktu A do punktu B musi wykonać pracę:

$$W'_{A \rightarrow B} = q(V_B - V_A).$$

Różnicę potencjałów elektrycznych między punktami A i B nazywamy *napięciem* i oznaczamy U_{AB} :

$$U_{AB} = V_B - V_A.$$

Zatem pracę sił zewnętrznych przeciwko polu możemy zapisać jako:

$$W'_{A \rightarrow B} = q \cdot U_{AB}$$

Z powyższych rozważań wynika, że siły wykonują pracę wyłącznie wtedy, gdy ładunek pokonuje różnicę potencjałów. Przesuwanie ładunku między punktami o tej samej wartości potencjału nie wiąże się z wykonaniem jakiegokolwiek pracy. Powierzchnię, którą tworzą punkty o tej samej wartości potencjału elektrycznego, nazywamy *powierzchnią ekwipotencjalną*. Dla ładunku punkowego każda sfera, w środku której jest ładunek, jest powierzchnią ekwipotencjalną. Przykładem powierzchni ekwipotencjalnej jest powierzchnia *przewodnika*.

Na koniec warto zwrócić uwagę na podobieństwa między polem elektrycznym, a polem grawitacyjnym. Oba pola są zachowawcze. I w obu przypadkach praca sił zewnętrznych

równa jest zmianie energii potencjalnej.

Słowniczek

pole elektryczne

(*ang.: electrical field*) – pole wektorowe określające w każdym punkcie siłę działającą na jednostkowy, spoczywający ładunek elektryczny.

powierzchnia ekwipotencjalna

(*ang.: equipotential surface*) – powierzchnia, na której jest stała wartość potencjału elektrycznego (np. powierzchnia przewodnika).

przewodnik elektryczny

(*ang.: electrical conductor*) – substancja, która dobrze przewodzi prąd elektryczny, a przewodzenie prądu ma charakter elektronowy.

Film samouczek

Jak definiuje się potencjał pola i jaka jest jego jednostka?

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DgAqLKJxE>

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

Wysłuchaj alternatywnej ścieżki lektorskiej.

Polecenie 1

Na jakiej ogólnej zasadzie zachowania opiera się obliczenie prędkości w przedstawionym przykładzie?

Polecenie 2

Jeśli w omawianym przykładzie cząstką przyspieszaną nie będzie elektron lecz ujemny, pojedynczo zjonizowany jon, jaka będzie różnica w jego ruchu?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



W jakiej jednostce wyraża się potencjał pola elektrycznego?

☐ J - dżul

☐ eV - elektronowolt

☐ V - wolt

Ćwiczenie 2



Która z wielkości nie przedstawia jednostki potencjału elektrycznego?

☐ $1 \frac{kg \cdot m}{A \cdot s^3}$

☐ $1 \frac{J}{C}$

☐ $1V$

☐ $1 \frac{N \cdot m}{A \cdot s}$

Ćwiczenie 3



Dwa ładunki dodatnie, będące w odległości a , zostały przesunięte na odległość $\frac{a}{2}$. Jak zmieniła się energia potencjalna każdego z ładunków?

☐ energia uległa zwiększeniu

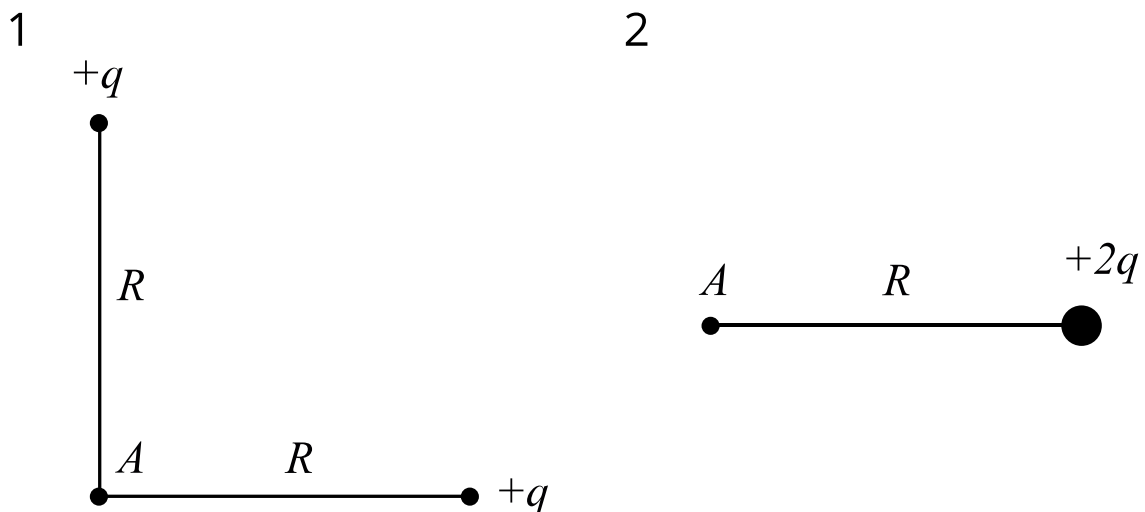
☐ energia nie uległa zmianie

☐ energia uległa zmniejszeniu

Ćwiczenie 4



Porównaj potencjał elektryczny w punkcie A w sytuacji 1 i sytuacji 2.



☐ w obu przypadkach potencjał jest taki sam

☐ większy potencjał jest w przypadku 1

☐ większy potencjał jest w przypadku 2

Ćwiczenie 5



Ładunki q_1 i q_2 znajdują się w odległości R_1 od siebie. Po wykonaniu dodatniej pracy odległość ta wyniosła R_2 . Której z wymienionych konfiguracji może odpowiadać ten opis?

☐ Ładunki są przeciwnego znaku, $R_1 > R_2$

☐ Oba ładunki są ujemne, $R_1 > R_2$

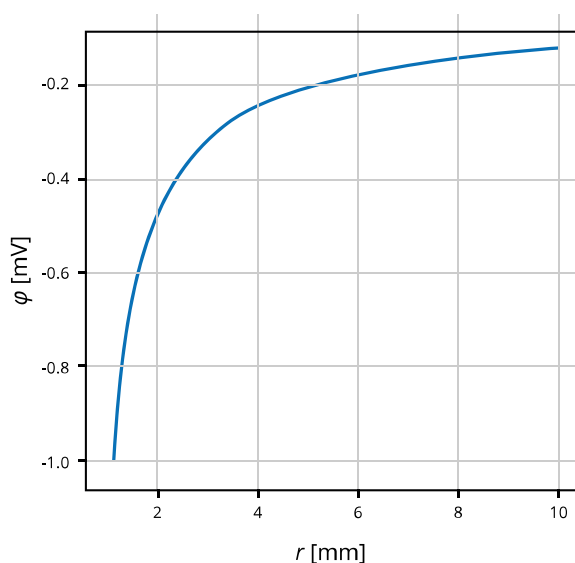
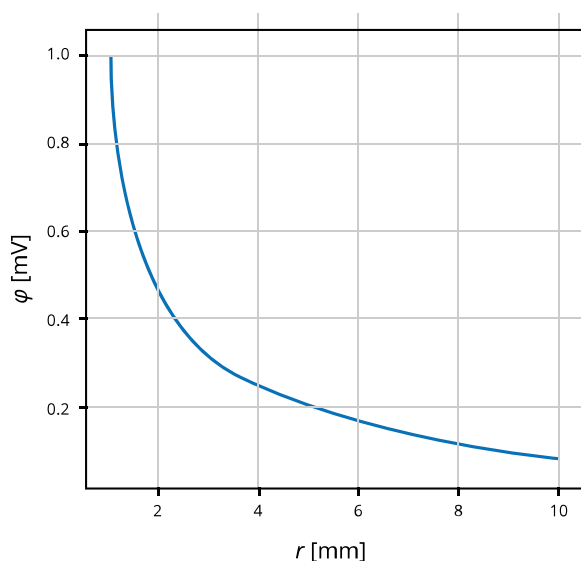
☐ Ładunki są przeciwnego znaku, $R_1 < R_2$

☐ Oba ładunki są dodatnie, $R_1 < R_2$

Ćwiczenie 6



Który z wykresów przedstawia zależność potencjału elektrycznego od odległości dla ładunku dodatniego, a który dla ładunku ujemnego?



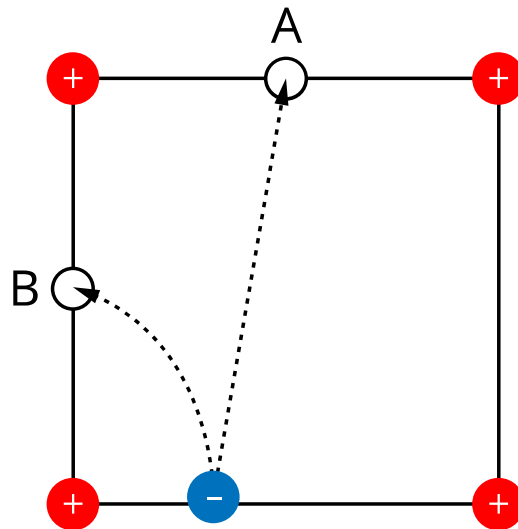
Wykres a) przedstawia zależność potencjału elektrycznego od odległości dla ładunku

Wykres b) przedstawia zależność potencjału elektrycznego od odległości dla ładunku

Ćwiczenie 7



W rogach kwadratu znajdują się identyczne ładunki dodatnie. Na jednym z boków, w $1/3$ jego długości znajduje się ładunek ujemny. Porównaj pracę przeniesienia ładunku do punktu A znajdującego się w połowie przeciwległego boku z pracą przeniesienia ładunku do punktu B znajdującego się w połowie przyległego boku.



☐ $W_A < W_B$

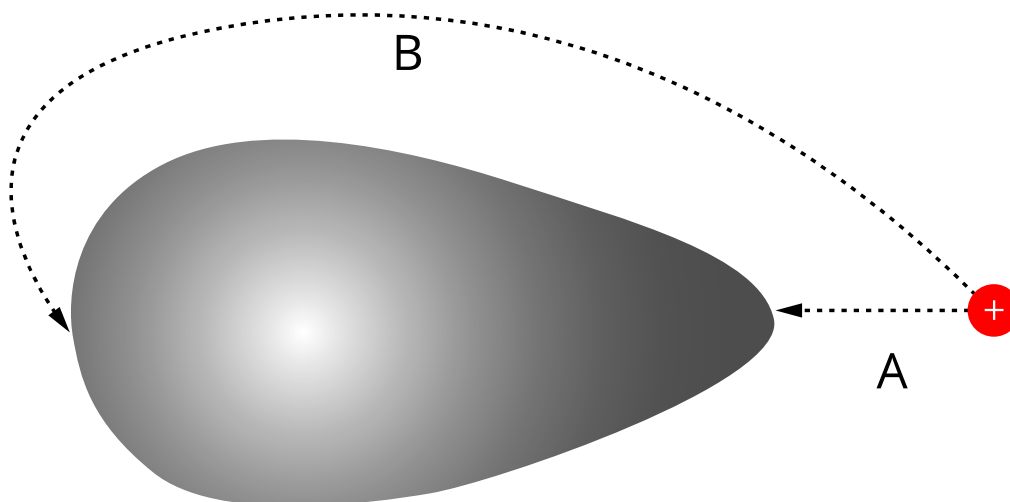
☐ $W_A = W_B$

☐ $W_A > W_B$

Ćwiczenie 8



Przewodnik, jak na rysunku, naładowany jest dodatnio. Na jego powierzchnię chcemy przenieść dodatkowy ładunek dodatni. Po której drodze wykonamy mniejszą pracę?



☐ $W_A = W_B$

☐ $W_A > W_B$

☐ $W_A < W_B$

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Tomasz Gradowski
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Jak definiuje się potencjał pola i jaka jest jego jednostka?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; przelicza wielokrotności i podwielokrotności; 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. VII. Elektrostatyka. Uczeń: 8) analizuje pracę jako zmianę energii potencjalnej podczas przemieszczenia ładunku w polu elektrycznym; posługuje się pojęciem potencjału pola i jego jednostką.
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	Uczeń: 1. definiuje potencjał elektryczny i jego jednostkę; 2. określa, co to jest powierzchnia ekwipotencjalna; 3. analizuje związek między potencjałem elektrycznym, pracą i energią potencjalną; 4. stosuje zasadę zachowania energii do wyznaczenia prędkości cząstki naładowanej w polu elektrostatycznym.
Strategie nauczania:	IBSE
Metody nauczania:	obserwacja, wykład informacyjny
Formy zajęć:	praca w parach, praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	Generator Van de Graaffa
Materiały pomocnicze:	dwie metalowe płytki, komora wykonana ze szkła akrylowego, kulki zwinięte z folii aluminiowej
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel prowadzi dyskusję naprowadzającą, następnie pyta uczniów o przypomnienie definicji energii potencjalnej i siły zachowawczej.	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel demonstruje eksperyment: w przejrzystej komorze umieszczone są przewodzące płytki (dolna i górna ścianka) oraz zwinięte z aluminiowej folii kuleczki. Płytki ładowane są przeciwnym znakiem za pomocą zasilacza prądu stałego, w wyniku czego kulki zaczynają podskakiwać między ściankami. Uczniowie próbują wyjaśnić zaobserwowane zachowanie kulek (ładunki elektryczne w metalu – elektrony, mogą się swobodnie przemieszczać w obrębie całego ciała). Zapoznają się ze szczegółami, omawianego przez nauczyciela, związku między energią kinetyczną i potencjalną w obserwowanym układzie, poprzez przyrównanie układu eksperymentalnego do swobodnie spadających ciał w polu grawitacyjnym. Uczniowie dowiadują się dlaczego istnieje potrzeba odróżnienia potencjału elektrycznego od energii potencjalnej (napięcie jest zmianą energii potencjalnej przypadającej na jednostkę ładunku.). Nauczyciel wprowadza jednostkę potencjału wolt, pomocne może być również wprowadzenie pojęcia elektronowolta jako alternatywnej jednostki pracy.	
Faza podsumowująca:	
Uczniowie dyskutują, w jakich sytuacjach może występować jednostka wolt (np. napięcie baterii). Uczniowie utrwalają wiedzę rozwiązując w parach zadania 1-4 z zestawu ćwiczeń.	

Praca domowa:

Uczniowie poszerzają zdobytą na lekcji wiedzę oglądając film samouczek oraz rozwiązując zadania 5-8 z zestawu ćwiczeń.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium**

Film samouczek może być wykorzystany przez uczniów w domu w celu powtórzenia i utrwalenia wiadomości.