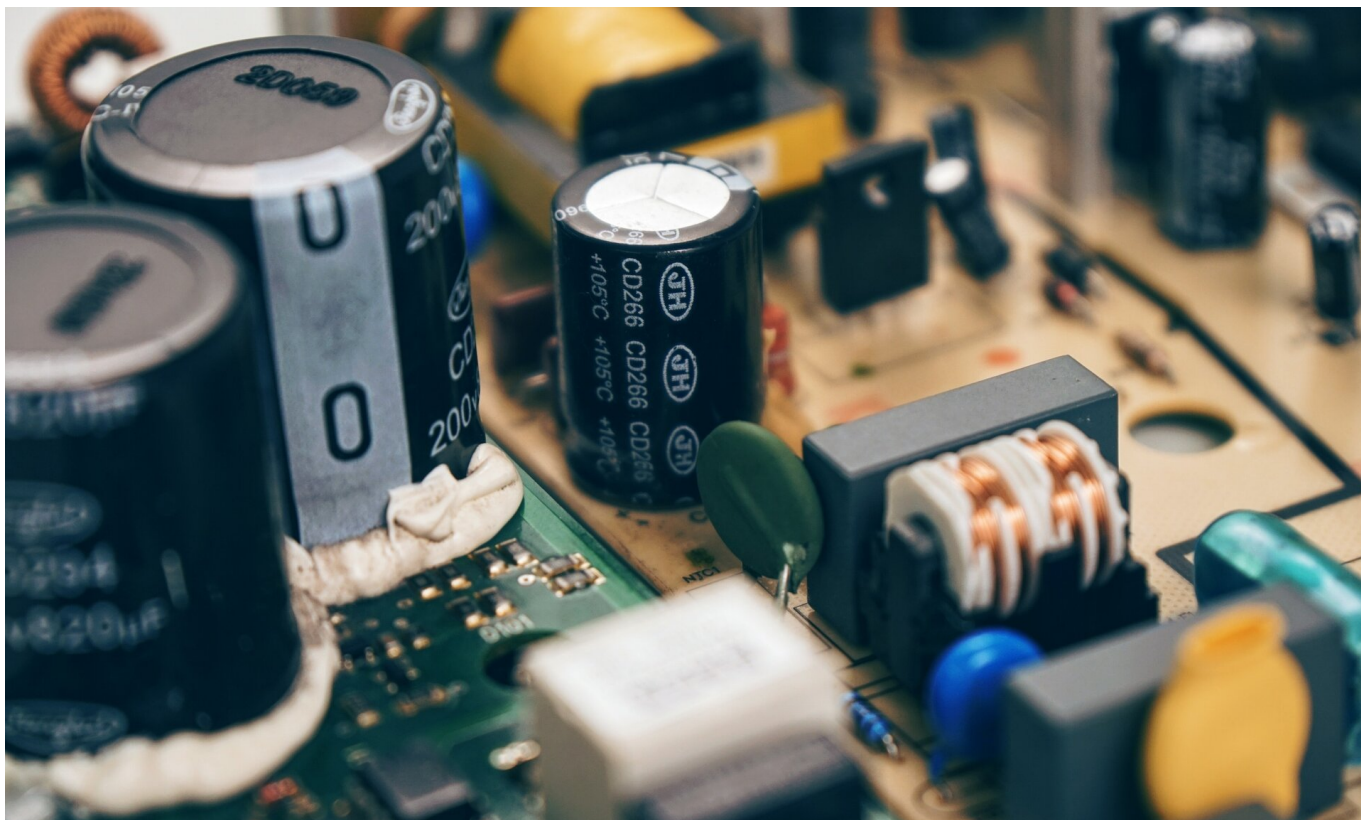




Od czego zależy pojemność elektryczna ciał przewodzących?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Symulacja interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Od czego zależy pojemność elektryczna ciał przewodzących?

Czy to nie ciekawe?

Pojemność - zapewne znane ci jest potoczne znaczenie tego pojęcia. Czy jednak wiesz, czym jest pojemność elektryczna i od czego ona zależy? Kupując nowy smartfon, czy laptop często zadajemy pytanie: *Jak długo można korzystać z tego urządzenia bez konieczności doładowywania go?* Te pytania w bezpośredni sposób wiążą się z pytaniem o pojemność baterii zasilających wspomniane urządzenia mobilne. Dzięki temu, że rozumiemy, czym jest pojemność elektryczna i od czego ona zależy, potrafimy precyzyjnie odpowiedzieć na pytania podobne do tych, jakie przed chwilą zadaliśmy. Wiedza na temat pojemności w ogromnym stopniu ułatwia nasze codzienne życie!



Rys. a. Urządzenie z pojemnościowym ekranem dotykowym.

Twoje cele

- dowiesz się, czym jest i od czego zależy pojemność elektryczna,
- przeanalizujesz wzór na pojemność elektryczną przewodnika kulistego,
- poprzez analizę przykładu, określisz, jakie czynniki wpływają na wzrost pojemności,
- ocenisz, w jaki sposób wiedza na temat pojemności przewodników ułatwia twoje codzienne życie.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Pojemność elektryczna jest wielkością fizyczną, charakteryzującą właściwości elektryczne przewodnika. Oznaczamy ją literą C . Miarą tej wielkości jest stosunek zgromadzonego na przewodniku ładunku q do potencjału przewodnika ΔV , jaki ten ładunek wytwarza:

$$C = \frac{q}{\Delta V}.$$

Jednostką pojemności jest farad: $1F = \frac{1C}{1V}$. W definicji pojemności, przez ΔV rozumiemy różnicę potencjałów między przewodnikiem a punktem umieszczonym w nieskończoności, dla którego przyjmujemy potencjał równy zero. Tak więc wartość tej różnicy potencjałów jest równa potencjałowi przewodnika.

Powyższy wzór, będący formalną definicją pojemności elektrycznej, nie precyzuje jednak, od czego ta wielkość zależy. Załóżmy, że na przewodniku umieszczony został ładunek q i dzięki temu przewodnik zyskał potencjał ΔV . Następnie dołożymy jeszcze ładunek Δq . Teraz na przewodniku znajduje się ładunek $q + \Delta q$. Oczywiście, po dołożeniu dodatkowego ładunku potencjał przewodnika zmieni się. Czy jednak jego pojemność ulegnie zmianie? Okazuje się, że nie. Z doświadczenia wiadomo, że jeśli trzykrotnie zwiększymy ładunek na przewodniku, to jego potencjał również wzrośnie trzykrotnie. Oznacza to, że pojemność przewodnika nie zmieni się!

Od czego zatem zależy pojemność przewodnika?

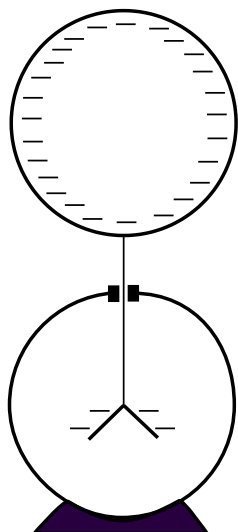
Dla przewodnika kulistego (tzn. mającego kształt kuli) pojemność elektryczna jest opisana wzorem:

$$C = 4\pi\epsilon_0 r,$$

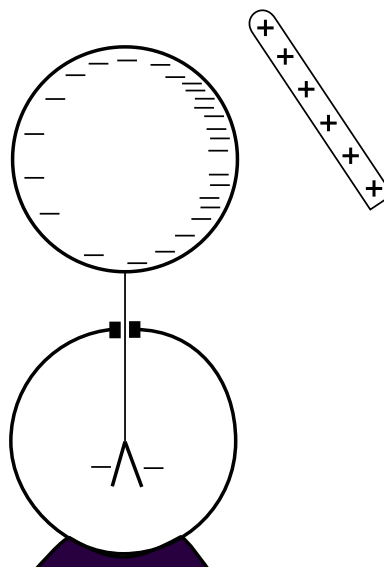
gdzie r jest promieniem kuli, zaś $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ oznacza **przenikalność elektryczną próżni**. Z powyższej zależności wynika, że pojemność przewodnika mającego kształt kuli, poprzez promień kuli, **zależy od rozmiaru przewodnika**. Jeśli chcesz się dowiedzieć, w jaki sposób można wyprowadzić wzór na pojemność przewodnika kulistego, zajrzyj do e-materiału pt. *Pojemność elektryczna przewodnika*.

Czy poza rozmiarem przewodnika pojemność zależy od czegoś jeszcze?

a)



b)



Rys. 1. Schemat doświadczenia ilustrującego wpływ otoczenia na pojemność przewodników.

Do tej pory zajmowaliśmy się „samotnym” przewodnikiem, tzn. takim, w którego otoczeniu nie ma innych ciał wpływających na jego własności elektryczne i wytwarzane przezeń pole. **Zastanówmy się teraz**, co się stanie, jeśli w pobliżu przewodzącej kuli pojawią się inne ciała? Można to łatwo sprawdzić. Osadźmy na **elektroskopie** kulisty przewodnik i umieścmy na nim ujemny ładunek, na przykład poprzez zetknięcie przewodnika z naelektryzowaną ujemnie laską ebonitową. Listki elektroskopu powinny się rozchylić (Rys. 1.a.). Gdy do naładowanej w taki sposób kuli zbliżymy naelektryzowaną dodatnio szklaną pałeczkę, tym razem nie dotykając już jednak kuli i nie zmieniając jej ładunku, zauważymy, że listki elektroskopu zmniejszą swe rozchylenie (Rys. 1.b.). Skoro jednak ładunek na kuli nie uległ zmianie, musiało się zmienić pole wytwarzane przez kulę i potencjał na jej powierzchni. Stało się tak ponieważ zmienił się rozkład ujemnego ładunku na powierzchni kuli. Doświadczenie to schematycznie przedstawiono na Rys. 1. Na podstawie poniższego wzoru:

$$C = \frac{q}{\Delta V},$$

wnioskujemy zatem, że zmianie uległa również pojemność kuli. Doświadczenie to pokazuje, że pojemność **zależy od otoczenia**, w którym znajduje się przewodnik.

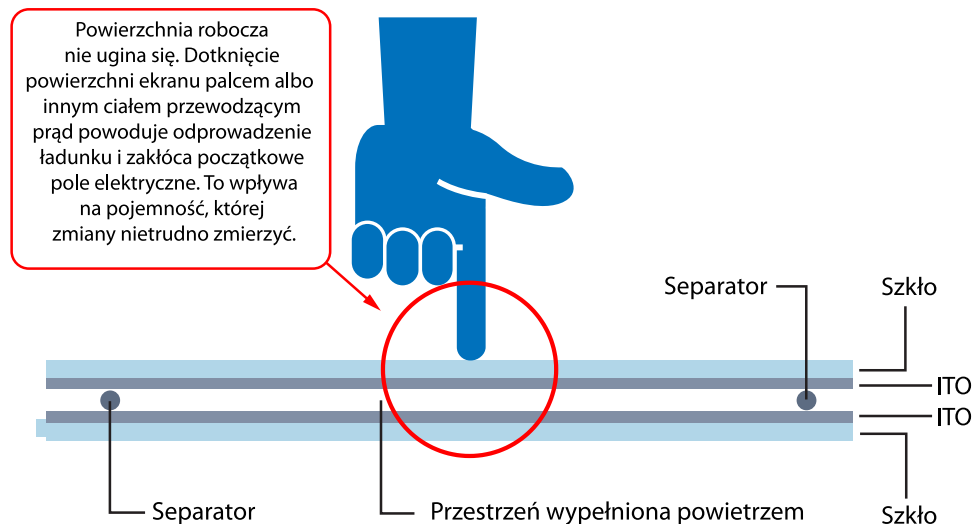
Pojemność **zależy także od kształtu** przewodnika. Jeśli na kulisty przewodnik naniesiemy ładunek q , to jego pojemność będzie inna niż pojemność przewodnika mającego kształt walca, na który nanieśliśmy taki sam ładunek.

Podsumowując, **pojemność przewodnika zależy od jego:**

- **kształtu,**
- **rozmiaru,**
- **otoczenia.**

Pojemność elektryczną omawia się głównie w kontekście kondensatorów (czym są kondensatory, dowiesz się w materiale pt. *Jak zbudowany jest kondensator płaski?*). Zapewne zainteresuje ciebie to, że idea pojemności elektrycznej została wykorzystana przy konstrukcji ekranów dotykowych we współczesnych smartfonach. Na Rys. 2. został przedstawiony schemat konstrukcji i idea funkcjonowania tzw. pojemnościowego ekranu dotykowego.

POJEMNOŚCIOWY EKRAN DOTYKOWY



Rys. 2. Zasada działania pojemnościowego ekranu dotykowego.

Pod powierzchnią ekranu znajduje się warstwa cienkiego materiału przewodzącego - ITO, czyli indium-tin-oxide (tj. tlenek indowo-cynowy). Dotykając ekranu palcem (albo innym ciałem przewodzącym) łączymy dwa przewodniki: ITO oraz nasz palec. Powoduje to zmianę pojemności układu. Ekran dotykowy wyposażony jest w siatkę czujników służących do pomiaru pojemności. Wyniki tych pomiarów przekazywane są do kontrolera, który dokonuje analizy danych. Na tej podstawie można wykryć, w którym miejscu ekran został dotknięty. Znajomość zagadnień związanych z pojemnością przewodników pozwoliła zrewolucjonizować rynek nowoczesnych technologii.

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).

eksperyment myślowy

(ang.: *thought experiment*) przeanalizowanie hipotetycznej sytuacji, często stosowane, gdy przeprowadzenie prawdziwego eksperymentu jest niemożliwe lub zbyt

skomplikowane. Najbardziej znane eksperymenty myślowe w fizyce to: „paradoks bliźniąt”, obrazujący zjawisko dylatacji czasu w szczególnej teorii względności oraz „kot Schrödingera” – eksperyment z zakresu mechaniki kwantowej.

elektroskop

(*ang.: electroscope*) przyrząd służący do pomiaru napięcia. W najprostszej wersji składa się z metalowego pręta, na którego końcu znajdują się listki z cienkiej, przewodzącej prąd folii. Po zetknięciu pręta z ciałem naelektryzowanym (dodatnio lub ujemnie) listki elektroskopu odpychają się od siebie.

przenikalność elektryczna

(*ang.: permittivity*) charakteryzuje zachowanie ciała w polu elektrycznym. Jest wielkością charakterystyczną dla danego ośrodka. Jest definiowana jako stosunek wektora indukcji elektrycznej do wektora natężenia pola elektrycznego w danym ośrodku. Spośród wszystkich ośrodków, najmniejsza jest przenikalność elektryczna próżni: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ jest F/m.

Symulacja interaktywna

Badanie zależności pojemności ciał przewodzących od rozmiaru

W tej symulacji badamy zależność pojemności kropli rtęci od jej wielkości. Zmieniaj liczbę i promień kropeł, łącz pojedyncze krople w jedną i obserwuj, jak te zmiany wpływają na pojemność elektryczną kropeł (tj. przewodzących kul).

UWAGA: Symulację najlepiej jest uruchomić w trybie pełnoekranowym.

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

Polecenie 1

Zaznacz, które z poniższych stwierdzeń są prawdziwe. Jeśli nie masz pewności, co zaznaczyć, możesz skorzystać z zamieszczonej symulacji i sprawdzić, czy Twoje rozumowanie jest prawidłowe.

☐

Pojemność elektryczna pojedynczej kropli jest wprost proporcjonalna do jej promienia.

☐

Pojemność elektryczna pojedynczej kropli jest odwrotnie proporcjonalna do jej promienia.

☐

Pojemność elektryczna kropli powstałej w wyniku połączenia się n jednakowych, pojedynczych kropli jest n razy większa od pojemności pojedynczej kropli.

☐

Pojemność elektryczna kropli, która powstaje w wyniku połączenia się pewnej liczby identycznych, pojedynczych kropli, rośnie z liczbą tych kropli w taki sam sposób, jak jej promień.

Polecenie 2

Wyprowadź wzór, który opisuje, w jaki sposób promień R_n kropli rtęci powstałej z połączenia n pojedynczych kropli o promieniu R każda zależy od n i R .

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Pojemność przewodnika zależy od:

☐ Otoczenia

☐ Potencjału

☐ Kształtu

☐ Ładunku

☐ Wielkości

Ćwiczenie 2



Zaznacz, która z poniższych możliwości poprawnie kończy zdanie: Gdy zwiększymy dwukrotnie ładunek umieszczony na przewodniku, wówczas jego ...

☐ pojemność nie zmienia się.

☐ potencjał nie zmienia się.

☐ pojemność wzrośnie dwukrotnie.

☐ potencjał wzrośnie dwukrotnie.

Ćwiczenie 3



Rozwiąż krzyżówkę:

1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							

1. Elektron ma ujemny ... elektryczny.
2. Jednostka ładunku elektrycznego.
3. Wielkość fizyczna charakteryzującą właściwości elektryczne przewodnika, zdefiniowana jako iloraz ładunku i potencjału.
4. Ośrodek charakteryzujący się najmniejszą wartością przenikalności elektrycznej, równą $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$.
5. Oprócz kształtu i otoczenia wpływa na pojemność elektryczną przewodnika.
6. Cienkowarstwowy materiał przewodzący wykorzystywany w pojemnościowych ekranach dotykowych.

Ćwiczenie 4



Uzupełnij wzór na pojemność elektryczną przewodzącej kuli o promieniu r , na powierzchni której został umieszczony ładunek o wartości q .

$$C = 4\pi\epsilon_0 \boxed{} \boxed{}$$

q	$\frac{q}{r}$	r	$\frac{q}{r^2}$	$/$	$\cdot$
-----	---------------	-----	-----------------	-----	---------

Ćwiczenie 5



Rozważ dwie jednakowe przewodzące kule, które nie oddziałują ze sobą i są odizolowane od otoczenia. Na pierwszą kulę wprowadzono ładunek $+q$, a na drugą ładunek $-q$. Zaznacz prawdziwe zdanie:

- ☐ Pojemność kuli, która jest naładowana dodatnio jest dwa razy większa od pojemności kuli naładowanej ujemnie.
- ☐ Ponieważ nie jest znany promień kul, nie można stwierdzić, jak różnią się ich pojemności.
- ☐ Obie kule mają taką samą pojemność.
- ☐ Pojemności obydwu kul są, co do wartości, takie same, ale mają przeciwny znak.

Ćwiczenie 6



Mamy kroplę wody w próżni oraz kroplę wody tej samej objętości spadającą na ziemię (w odległości 5 m od ziemi). Czy te krople mają taką samą pojemność elektryczną?

Odpowiedź: TAK ☐ / NIE ☐

Ćwiczenie 7



Na porcelanowym talerzyku leży kuleczka rtęci o promieniu r , mająca ładunek q . Jej pojemność wynosi C . Kulka ta dzieli się na dwie jednakowe kuleczki. Jaka będzie pojemność każdej z kulek (zaznacz poprawną odpowiedź):

- ☐ $C/2$
- ☐ $C/\sqrt{2}$
- ☐ $C/\sqrt[3]{2}$
- ☐ Żadna z powyższych odpowiedzi nie jest prawidłowa

Ćwiczenie 8



Wykonaj eksperyment myślowy: Rozważ dwie srebrne kule, każda o promieniu $r = 2$ m. Kule te mają określoną pojemność. Przeanalizuj dwie sytuacje. W pierwszej sytuacji kule te są bardzo odległe od siebie i połączone cienkim metalowym przewodem. W drugim przypadku zostają one przetopione i utworzona zostaje jedna większa kula. Jak będzie pojemność w każdym z tych przypadków? Załóż, że: $\pi = 3,14$, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m. Uzupełnij poniższe zdania, wynik podaj z dokładnością do trzech cyfr znaczących.

- Gdy kule zostaną połączone przewodem pojemność będzie wynosiła
· 10^{-12} F.

- Gdy kule zostaną przetopione w jedną kulę jej pojemność będzie wynosiła
· 10^{-12} F.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Martyna Jakubowska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Od czego zależy pojemność elektryczna ciał przewodzących?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, rozszerzenie zapisów podstawy programowej dla zakresu rozszerzonego.
Podstawa programowa	Cele kształcenia – wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem; 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. VII. Elektrostatyka. Uczeń: 11) posługuje się pojęciem pojemności kondensatora i jej jednostką; posługuje się zależnością pojemności kondensatora płaskiego od jego wymiarów; oblicza energię zmagazynowaną w kondensatorze.
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. dowie się czym jest pojemność elektryczna; 2. przeanalizuje wzór na pojemność elektryczną przewodnika kulistego; 3. zastanowi się od czego zależy pojemność elektryczna; 4. poprzez analizę przykładu naładowanej kulki w pobliżu, dielektryka dowie się, że pojemność zależy też od otoczenia; 5. poprzez analizę przykładu połączenia kropeł rtęci dowie się w jaki sposób zmiana objętości wpływa na pojemność.
Strategie nauczania	blended-learning
Metody nauczania	nauczanie hybrydowe
Formy zajęć:	symulacja interaktywna, praca w grupach
Środki dydaktyczne:	komputer dla każdego ucznia, kalkulator, długopis
Materiały pomocnicze	-
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel rozpoznaje wiedzę uczniów poprzez zadanie pytań: • czym jest ładunek elektryczny? • czym jest potencjał elektryczny? • jak wyznaczyć pojemność elektryczną? Jeśli uczniowie nie znają odpowiedzi, nauczyciel pomaga im usystematyzować wcześniejszą wiedzę z elektrostatyki. Przeczytanie i omówienie tekstu „Czy to nie ciekawe?”	
Faza realizacyjna:	
Uczniowie samodzielnie czytają tekst „Warto przeczytać”. Nauczyciel sprawdza, czy uczniowie mają jakieś pytania związane z tekstem. Uczniowie wspólnie zastanawiają się nad pytaniami, które się pojawiły. Nauczyciel naprowadza uczniów na właściwe odpowiedzi. Jeśli znajdzie taką potrzebę uczniowie wracają do wybranego fragmentu tekstu. Uczniowie dzielą się na 4 grupy i w grupach, wykorzystując zdobytą wiedzę, rozwiązują zadania z punktu „Sprawdź się”. Nauczyciel pełni rolę doradcy, obserwuje i kontroluje pracę uczniów.	
Faza podsumowująca:	

Uczniowie w grupach omawiają rozwiązania zadań, wspólnie zastanawiając się nad zadaniami, które sprawiły im trudność. Każda z grup omawia 2 lub 3 zadania „na forum klasy”.

Nauczyciel sprawdza, które zadania sprawiły uczniom kłopot i dlaczego. Poprzez analizę wypowiedzi uczniów nauczyciel określa, w jakim stopniu osiągnięte zostały wyznaczone cele.

Uczniowie w grupach oglądają symulację interaktywną. Następnie nauczyciel sprawdza, czy uczniowie mają jakieś pytania związane z symulacją, klasa wspólnie próbuje odpowiedzieć na pytania, które się pojawiły.

Praca domowa:

Nauczyciel wcześniej przygotowuje pulę zadań podobnych do zadań z części „Sprawdź się” o zróżnicowanym stopniu trudności. Po przeanalizowaniu wyników testu „Sprawdź się” i uwag uczniów odnośnie zadań, które sprawiły im największą trudność, nauczyciel wybiera trzy zadania analogiczne do zadań, które uczniowie wskazali jako te, z którymi mieli problemy.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium

Multimedium może być wykorzystane przed lekcją jako wprowadzenie do niej. Można je również wykorzystać w fazie podsumowującej lekcję, tak jak opisano to w 'Przebiegu lekcji'.