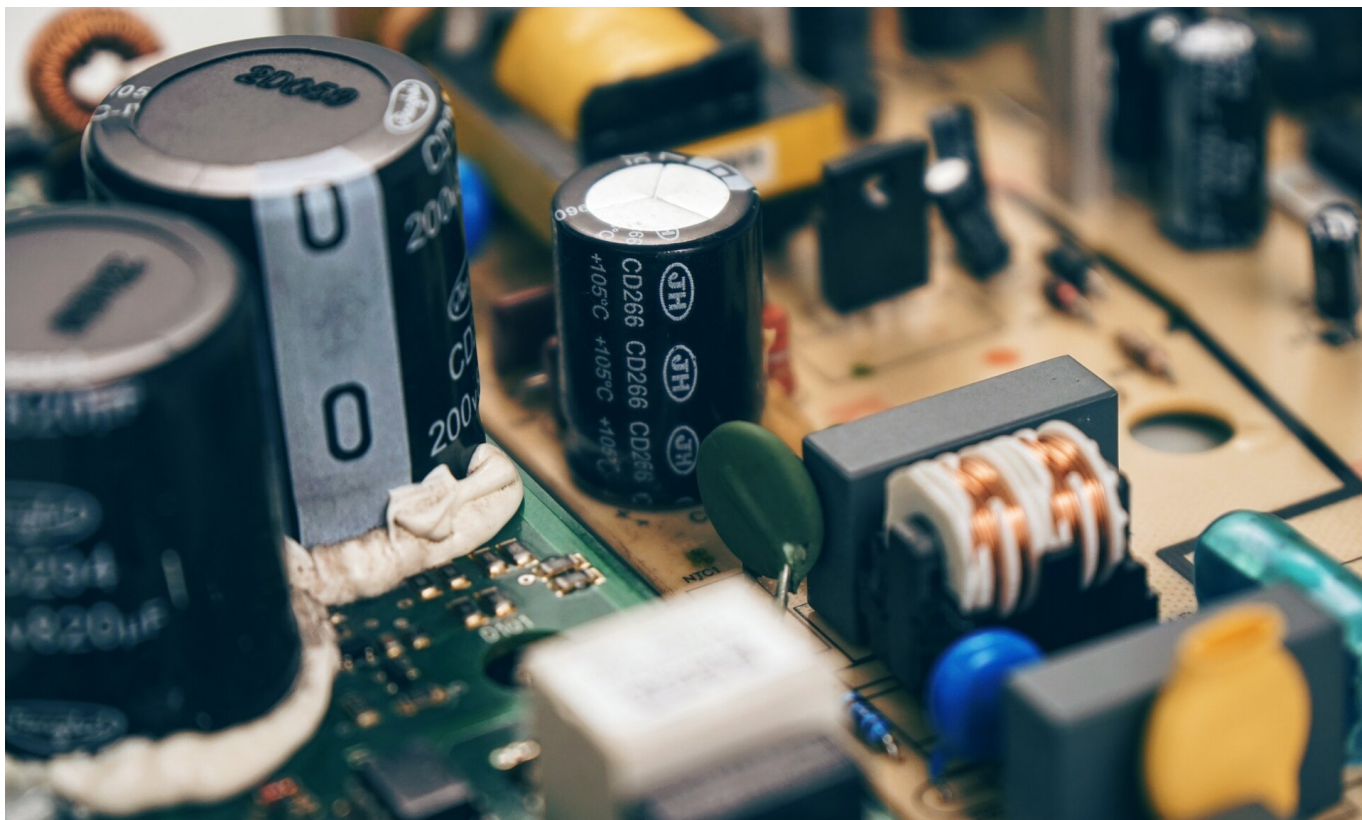




Łączenie szeregowe kondensatorów

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



Łączenie szeregowe kondensatorów

Czy to nie ciekawe?

Kondensatorów używamy w wielu układach elektronicznych. Czasami potrzebujemy kondensator o niestandardowej pojemności bądź o niestandardowej różnicy potencjałów. Co zrobić w takiej sytuacji? Czy powinniśmy zamówić u producenta kondensator o potrzebnych nam parametrach (płacąc za to dodatkowo oraz wydłużając czas oczekiwania na zamówienie)?

Ten problem ma prostsze rozwiązanie: możemy połączyć ze sobą kilka „standardowych” kondensatorów otrzymując „układ zastępczy” o wymaganych parametrach. Jak prawidłowo dobrać elementy takiego układu? Tego dowiesz się w tym materiale.



Rys. a. Zbudujemy sobie potrzebny kondensator łącząc w odpowiedni sposób kondensatory znajdujące się w naszej szufladzie.

Twoje cele

W tym materiale:

- zdefiniujesz pojemność kondensatora,
- wyznaczysz ładunek układu kondensatorów połączonych szeregowo,
- obliczysz różnicę potencjałów układu kondensatorów połączonych szeregowo,
- nauczysz się, jak wyznaczyć pojemność zastępczą układu kondensatorów połączonych szeregowo.

Przeczytaj

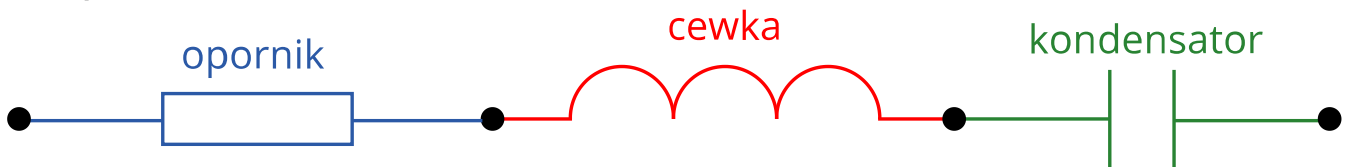
Warto przeczytać

Czym jest kondensator? Najprostsza odpowiedź jest taka, że kondensator to urządzenie służące do gromadzenia ładunku, składające się z dwóch przewodników. Po doprowadzeniu napięcia do okładek kondensatora zostaje na nich wyindukowany ładunek elektryczny.

Kondensatory oznaczamy symbolem --||-- .

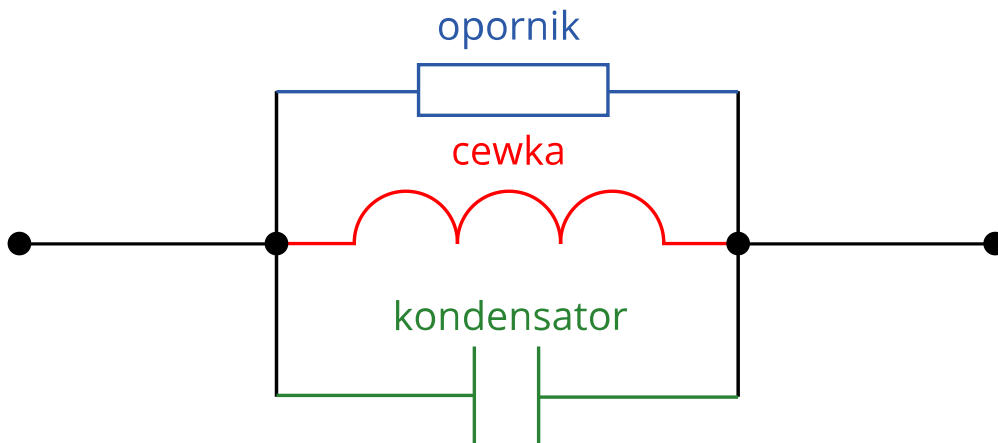
Poniżej pokazano przykładowe schematy układów zawierających: rezystor (opornik), cewkę oraz kondensator:

a)



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

b)



Rys. 1. Połączenie elementów elektrycznych w obwodzie: a) szeregowym, b) równoległym.

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

Wybierając kondensator, jakiego należy użyć w naszym układzie, kierujemy się głównie jego **pojemnością**. Wartość ta informuje nas o zdolności kondensatora do gromadzenia ładunku (jak duży ładunek zostanie zgromadzony przy określonej różnicy potencjałów).

W praktyce, często stosujemy układ kilku kondensatorów. Kondensatory te możemy ze sobą łączyć. Kondensatory możemy łączyć: szeregowo, równolegle lub szeregowo i równolegle.

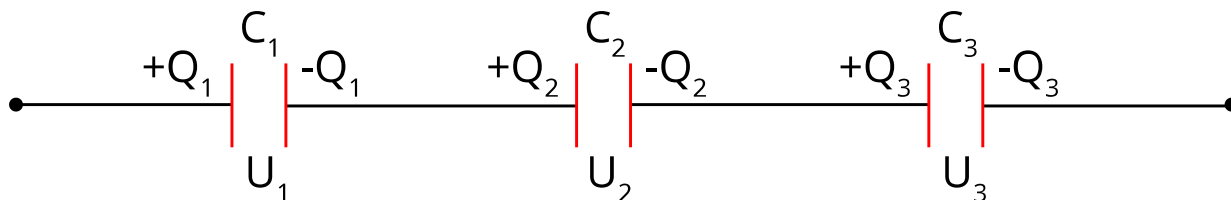
Pojemność, jaką ma układ kondensatorów nazywamy **pojemnością zastępczą**. Mówi nam ona, jaką pojemność powinien mieć pojedynczy kondensator, jeśli chcielibyśmy zastąpić

nim dany układ kondensatorów.

W tym materiale zajmiemy się szeregowym łączeniem kondensatorów.

Łącząc kondensatory szeregowo możemy uzyskać niestandardowe pojemności.

Łączenie szeregowe oznacza, że kondensatory zostały podłączone tak, że różnica potencjałów jest przykładana między pierwszą okładką pierwszego kondensatora, a drugą okładką ostatniego kondensatora.



Rys. 2. Połączenie elementów elektrycznych w obwodzie szeregowym.

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

Jeśli połączymy ze sobą szeregowo trzy kondensatory, to ładunek wprowadzony na pierwszą z okładek wyindukuje ładunek o takiej samej wartości, ale przeciwnym znaku na drugiej z okładek, ten z kolei wyindukuje ładunek o takiej samej wartości, ale przeciwnym znaku na trzeciej z okładek ładunek itd. A zatem ładunek zgromadzony na każdej z okładek będzie miał taką samą wartość. Całkowita różnica potencjałów będzie sumą różnic potencjałów na każdym z kondensatorów. A zatem:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$$

natomiast:

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3$$

Pojemność kondensatora wyznaczamy ze wzoru:

$$C = \frac{Q}{\Delta V}$$

Czyli:

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

Czyli wzór:

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3$$

możemy zapisać jako:

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}.$$

Jeśli teraz powyższe wyrażenie podzielimy stronami przez Q , to otrzymamy wzór na pojemność układu trzech kondensatorów połączonych szeregowo:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}.$$

Podobnie będzie wyglądała sytuacja dla dowolnej liczby kondensatorów połączonych ze sobą. A zatem ogólny wzór na pojemność układu n kondensatorów połączonych szeregowo możemy zapisać jako sumę:

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}.$$

Odwrotność pojemności zastępczej układu n kondensatorów połączonych szeregowo jest równa sumie odwrotności pojemności tych kondensatorów.

Rozpatrzmy teraz przykład:

Mamy cztery kondensatory o pojemnościach odpowiednio 1 nF, 2 nF, 300 pF oraz 400 pF. Połączono je szeregowo. Jaka jest pojemność zastępcza takiego układu?

Pojemność zastępczą wyliczamy z wzoru:

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i},$$

czyli w naszym przypadku:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}.$$

Ale zanim zaczniemy podstawianie do wzoru, zauważmy, że pojemności kondensatorów mamy podane w różnych podwielokrotnościach [farada](#). Wygodniej będzie już teraz to ujednolicić. Zamieniamy zatem pF na nF.

1 nF = 10^{-9} F, 1 pF = 10^{-12} F, czyli 1 nF = 1000 pF, a zatem

1 nF = 1000 pF

2 nF = 2000 pF

Teraz możemy podstawiać wartości:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{1000 \text{ pF}} + \frac{1}{2000 \text{ pF}} + \frac{1}{300 \text{ pF}} + \frac{1}{400 \text{ pF}}.$$

Sprowadźmy to teraz do wspólnego mianownika:

$$\frac{1}{C} = \frac{6}{6000 \text{ pF}} + \frac{3}{6000 \text{ pF}} + \frac{20}{6000 \text{ pF}} + \frac{15}{6000 \text{ pF}} = \frac{6+3+20+15}{6000 \text{ pF}} = \frac{44}{6000 \text{ pF}}.$$

Zapiszmy wynik w nanofaradach:

$$\frac{1}{C} = \frac{44}{6000 \text{ pF}} = \frac{44}{6 \text{ nF}}.$$

A zatem:

$$C = \frac{6 \text{ nF}}{44} = 0,136 \text{ nF}.$$

Słowniczek

farad

(ang. *farad*) – jednostka pojemności elektrycznej w układzie SI (jednostka pochodna układu SI). Jest to pojemność elektryczna przewodnika elektrycznego, którego potencjał zwiększa się o 1 wolt po dostarczeniu ładunku 1 kulomba. W uproszczeniu pojemność jednego farada oznacza, że w przewodniku o potencjale jednego wolta można „umieścić” ładunek o wartości jednego kulomba.

pojemność

(ang. *capacity*) – wielkość określająca zdolność kondensatora do gromadzenia ładunku. Jest równa stosunkowi ładunku zgromadzonego na jednej okładce i napięcia elektrycznego między okładkami. Pojemność wyrażana jest w faradach.

Film samouczek

Łączenie szeregowe kondensatorów

Poniższy film samouczek przedstawia przykładowy sposób obliczenia nieznanej pojemności kondensatora w układzie dwóch połączonych szeregowo kondensatorów.

Polecenie 1

Obejrzyj film i zastanów się, czy widzisz inny sposób rozwiązania przedstawionego w nim zadania?

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D1Ays9a0l>

Polecenie 2

Jak zmieni się spadek napięcia na pierwszym kondensatorze, jeśli dołączymy do układu szeregowo trzeci kondensator o pojemności $C_3 = C_2$?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz zdania prawdziwe:

☐ Nie można łączyć za sobą kondensatorów.

☐ Kondensatory możemy łączyć szeregowo.

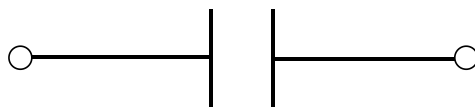
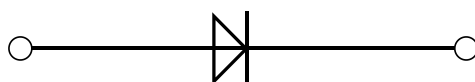
☐ Kondensatory możemy łączyć równolegle.

☐ Kondensatory możemy łączyć tylko parami.

Ćwiczenie 2



Zaznacz symbol, którym oznaczamy kondensator na schematach elektrycznych:

☐☐☐☐

Ćwiczenie 3



Łączymy ze sobą szeregowo trzy kondensatory o ładunkach Q_1, Q_2, Q_3 . Ładunek zgromadzony na takim zestawie Q jest równy .

$$\frac{1}{Q} = \frac{1}{Q_1} + \frac{1}{Q_2} + \frac{1}{Q_3}$$

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Ćwiczenie 4



Łączymy ze sobą szeregowo trzy kondensatory o różnicach potencjałów: $\Delta V_1, \Delta V_2, \Delta V_3$. Wypadkową różnicę potencjałów wyznaczamy ze wzoru (zaznacz poprawną odpowiedź):

☐ Żadna z odpowiedzi nie jest prawdziwa

☐ $\frac{1}{\Delta V} = \frac{1}{\Delta V_1} + \frac{1}{\Delta V_2} + \frac{1}{\Delta V_3}$

☐ $\Delta V = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3$

☐ $\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3$

Ćwiczenie 5



Łączymy ze sobą szeregowo trzy kondensatory o pojemnościach: C_1, C_2, C_3 . Pojemność zastępczą wyznaczamy ze wzoru (zaznacz poprawną odpowiedź):

☐ Żadna z odpowiedzi nie jest prawdziwa

☐ $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

☐ $C = C_1 = C_2 = C_3$

☐ $C = C_1 + C_2 + C_3$

Ćwiczenie 6



Mamy układ pięciu kondensatorów połączonych szeregowo. Ich pojemności wynoszą $C_1 = 16$ nF, $C_2 = 2$ nF, $C_3 = 3$ nF, $C_4 = 4$ nF, $C_5 = 5$ nF. Oblicz pojemność zastępczą tego układu.

Odpowiedź: Pojemność zastępcza tego układu wynosi nF.

Ćwiczenie 7



Mamy układ trzech kondensatorów połączonych szeregowo. Ich pojemności wynoszą $C_1 = 1$ nF, $C_2 = 2$ nF, $C_3 = 3$ nF.

Pojemność zastępcza tego układu wynosi (zaznacz poprawną odpowiedź):

☐ 6 nF

☐ 1/6 nF

☐ 11/6 nF

☐ 6/11 nF

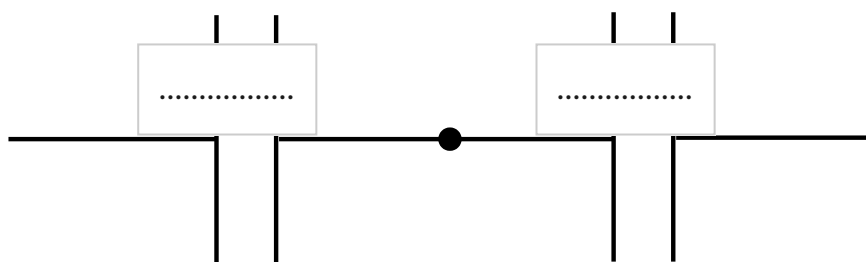
Ćwiczenie 8



Mamy trzy kondensatory o pojemnościach wynoszących odpowiednio $C_1 = 3$ nF, $C_2 = 3$ nF, $C_3 = 5$ nF.

Chcemy uzyskać układ dwóch kondensatorów o pojemności wypadkowej $C = 1,5$ nF. Które z powyższych powinniśmy wybrać, a który odłożyć do pudełka?

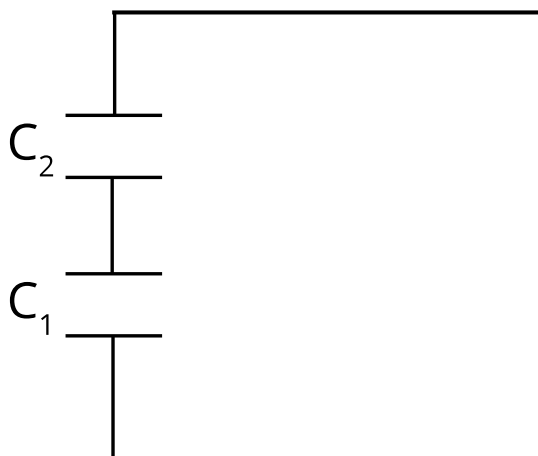
3 nF, 3 nF, 5 nF



Ćwiczenie 9



Mamy dwa kondensatory o pojemnościach wynoszących odpowiednio $C_1 = 5 \text{ pF}$, $C_2 = 10 \text{ pF}$ połączone jak na schemacie poniżej. Do układu podłączono napięcie 10 V . Ile wynosi napięcie ΔV_1 na pierwszym kondensatorze i napięcie ΔV_2 na drugim?



☐ $\Delta V_1 = \frac{3}{20} \text{ V}$ oraz $\Delta V_2 = \frac{3}{20} \text{ V}$

☐ $\Delta V_1 = 2 \text{ pF}$ oraz $\Delta V_1 = 6 \text{ pF}$

☐ $\Delta V_1 = \frac{20}{3} \text{ V}$ oraz $\Delta V_2 = \frac{10}{3} \text{ V}$

Dla nauczyciela

Konspekt (scenariusz) lekcji

Imię i nazwisko autora:	Martyna Jakubowska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Łączenie szeregowo kondensatorów
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
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. 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 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. zdefiniuje pojemność kondensatora, 2. wyznaczy ładunek wypadkowy układu kondensatorów połączonych szeregowo, 3. obliczy wypadkową różnicę potencjałów układu kondensatorów połączonych szeregowo, 4. zastosuje w wybranych problemach wzór na pojemność zastępczą układu kondensatorów połączonych szeregowo.
Strategie i metody nauczania:	blended-learning - nauczanie hybrydowe
Formy zajęć:	- film samouczek, - praca w grupach.
Środki dydaktyczne:	komputer dla każdego ucznia, kalkulator, długopis
Materiały pomocnicze:	brak
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel rozpoznaje wiedzę uczniów poprzez zadanie pytań: - czym jest potencjał elektryczny? - czym jest kondensator? - czym jest pojemność elektryczna? - jaka jest jednostka ładunku, potencjału i pojemności elektrycznej? Jeśli uczniowie nie znają odpowiedzi, nauczyciel pomaga im usystematyzować wcześniejszą wiedzę z elektrostatyki. Przeczytanie i omówienie części e-materiału „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. - Uczniowie oglądają film samouczek. Po filmie ponownie nauczyciel sprawdza, czy uczniowie mają jakieś pytania związane z filmem, klasa wspólnie próbuje odpowiedzieć na pytania, które się pojawiły. Jeśli zajdzie taka potrzeba, uczniowie wracają do wybranego fragmentu tekstu lub filmu. - Uczniowie wykorzystując zdobytą wiedzę rozwiązują zadania z punktu „Sprawdź się”.	
Faza podsumowująca:	

- Uczniowie dzielą się na 4 grupy.
- Uczniowie w grupach omawiają rozwiązania zadań, wspólnie zastanawiając się nad zadaniami, które sprawiły im trudność. Każda z grup omawia 2 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.

Praca domowa:

Nauczyciel wcześniej przygotowuje pulę zadań podobnych do zadań z części „Sprawdź się” o zróżnicowanym stopniu trudności. Po przeanalizowaniu uwag uczniów odnośnie zadań rozwiązanych przez nich w fazie realizacyjnej, które sprawiły im największą trudność, nauczyciel wybiera trzy zadania ze swojej przygotowanej puli.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:

Multimedium może być wykorzystane przed lekcją jako wprowadzenie do niej.