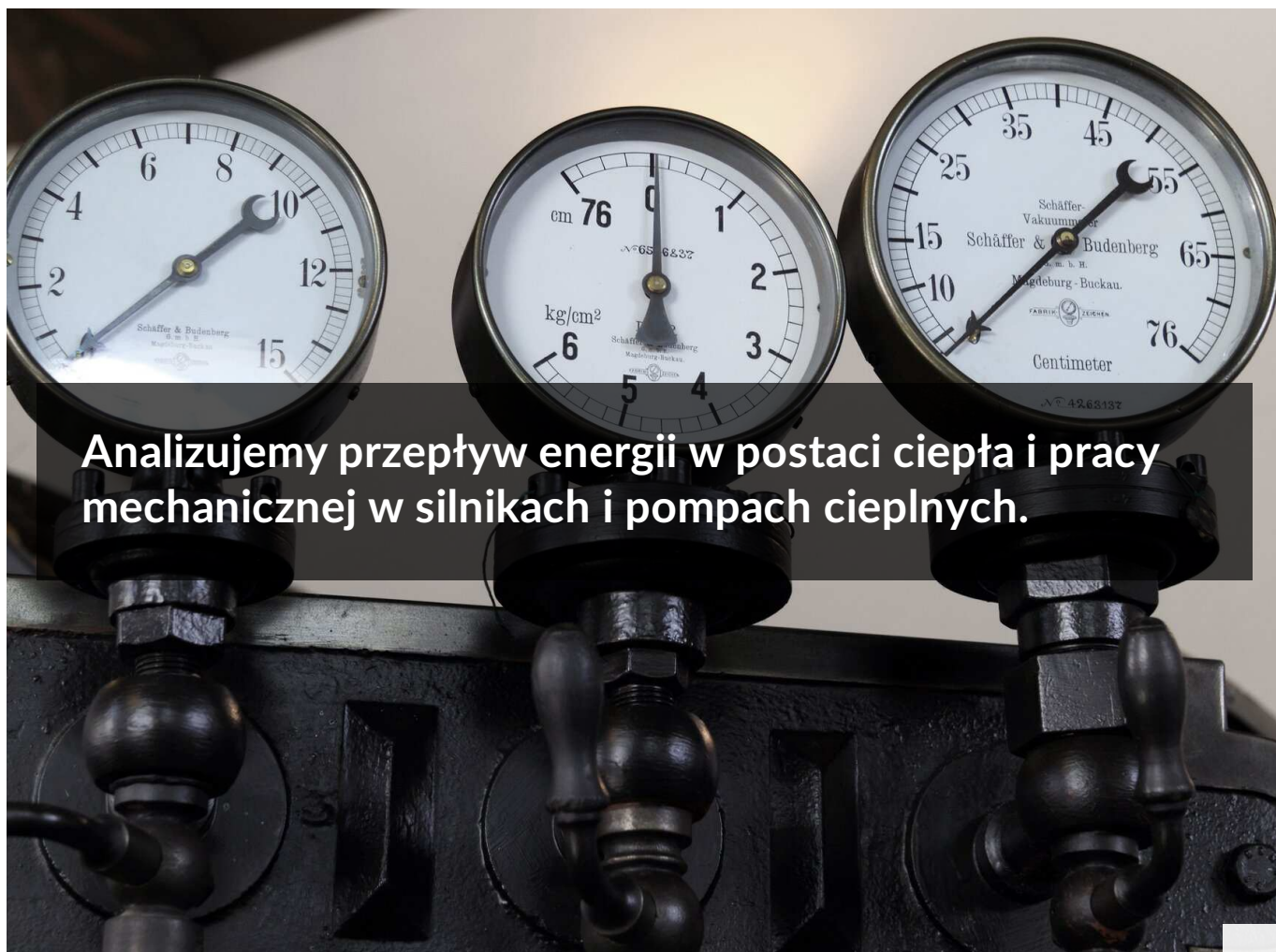




Analizujemy przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w silnikach i pompach cieplnych.

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



Czy to nie ciekawe ?



Rys. a. Urządzenia pomocnicze silnika samochodowego

Co ma wspólnego silnik samochodu z pompą ciepła służącą do ogrzewania domów? Wydaje się, że niewiele - oba te urządzenia służą do czego innego i ich działanie ma zupełnie inny

skutek. A jednak, gdy przeanalizujemy cykle termodynamiczne ich pracy, to okaże się, że są one bardzo podobne, tyle, że przebiegają w przeciwnych kierunkach. Taką właśnie analizą zajmiemy się w tym e-materiale.

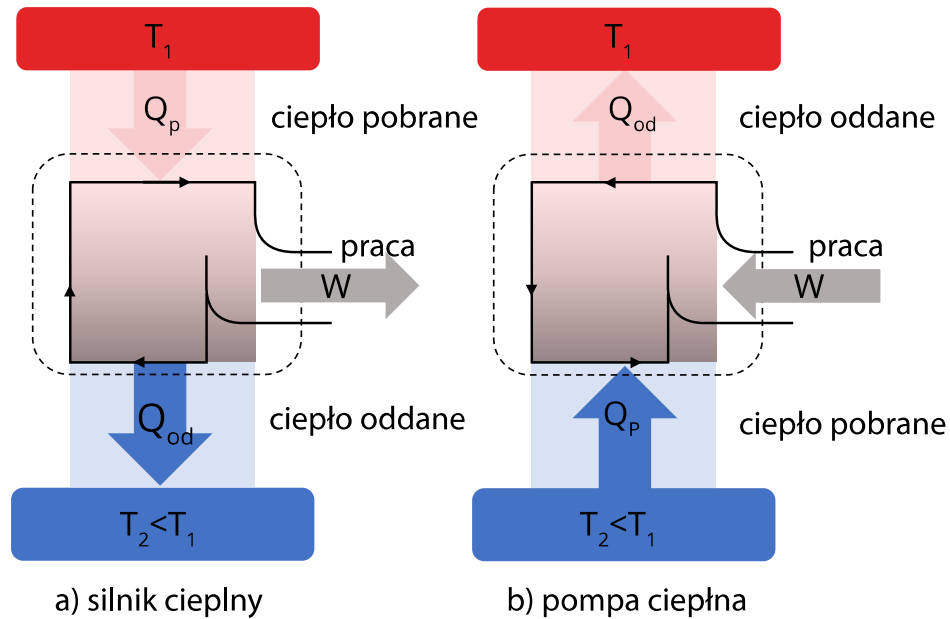
Twoje cele

- Dowiesz się, jak energia w postaci ciepła i pracy przepływa w silniku cieplnym i w pompie ciepła,
- Zrozumiesz, czym różni się cykl pracy silnika i pompy ciepła,
- Zastosujesz zasadę zachowania energii do cyklu silnika cieplnego i pompy ciepła,
- Przeanalizujesz wykresy cykli przemian gazowych przebiegających w przeciwnych kierunkach.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Silnik cieplny to urządzenie, w którym ciepło przepływa w naturalnym kierunku: od zbiornika o wyższej temperaturze T_1 do zbiornika o niższej temperaturze T_2 , a część tego ciepła zamieniane jest na pracę mechaniczną W (Rys. 1a.).



Rys. 1. Schemat przepływu energii w silniku cieplnym i pompie ciepła.

W pompie ciepła zaś ciepło przepływa w odwrotnym kierunku: od zbiornika o niższej temperaturze do zbiornika o wyższej temperaturze. Aby to było możliwe, pompa musi pobierać energię z zewnątrz, czyli praca wykonywana jest przez siłę zewnętrzną (Rys. 1b.). Przepływy energii w silnikach i pompach cieplnych najłatwiej zrozumieć, gdy odwołamy się do porównania z silnikami i pompami hydraulicznymi.

Pompa hydrauliczna pompuje wodę z niżej położonego zbiornika do zbiornika położonego wyżej, na przykład do wieży ciśnień (Rys. 2.). Pobiera przy tym energię, którą zużywa na zwiększenie energii potencjalnej wody. Ruch wody do góry jest wymuszony. Podobnie jest w pompie ciepła. Przepływ ciepła następuje od miejsca o niższej temperaturze do miejsca o wyższej temperaturze, w kierunku odwrotnym niż naturalny. I tak, jak w pompie hydraulicznej pompującej wodę na wyższy poziom, pompa ciepła potrzebuje energii dostarczonej z zewnątrz.



Rys. 2. Wieża ciśnień we Wrocławiu.

Kiedy woda spiętrzona na wyższym poziomie może swobodnie popłynąć w dół, można użyć ją do napędu turbiny wodnej, czyli silnika hydraulicznego (Rys. 3.). Podobnie ciepło płynące w naturalnym kierunku - od miejsca o temperaturze wyższej do miejsca o temperaturze niższej - może być wykorzystane do napędu silnika cieplnego.



Rys. 3. Turbiny wodne.

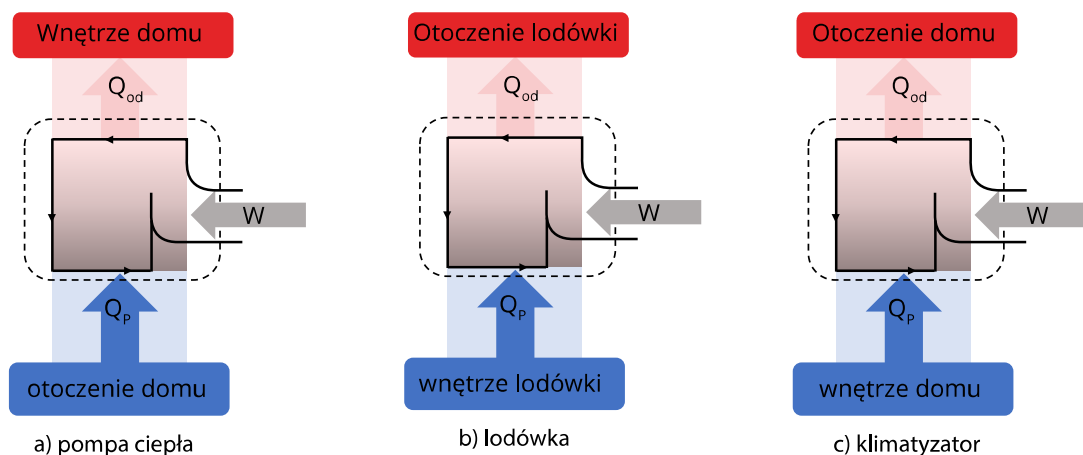
W silniku cieplnym ciepło pobrane ma zawsze większą wartość niż ciepło oddane (Rys. 1a.). Część ciepła pobranego zamieniana jest na pracę. Z zasady zachowania energii wynika, że suma ciepła oddanego Q_{od} i pracy W , wykonanej przez silnik, równa jest ciepłu pobranemu Q_p .

$$Q_p = W + Q_{od}$$

A jak zapisać bilans energii dla pompy ciepła? Na Rys. 1b. widać, że wartość ciepła pobranego jest w tym przypadku mniejsza od wartości ciepła oddanego. Aby zasada zachowania energii była spełniona, do układu musi być doprowadzona energia, zwykle jest to energia elektryczna. Suma ciepła pobranego Q_p i pracy prądu elektrycznego W równa jest ciepłu oddanemu Q_{od} .

$$Q_{od} = W + Q_p$$

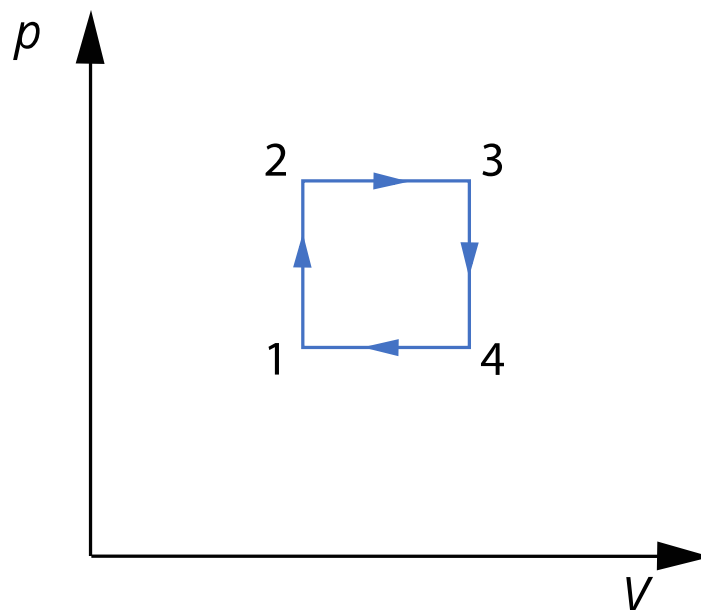
Zauważmy, że lodówka i klimatyzator pracują na takiej samej zasadzie jak pompa ciepła. W każdym z nich ciepło jest przenoszone od miejsca o niższej temperaturze do miejsca o wyższej temperaturze. Różne są zastosowania tych urządzeń i różne miejsca pobierania i oddawania ciepła. Pompa ciepła służy do ogrzewania domu, więc pobiera ciepło na zewnątrz domu i oddaje wewnątrz (Rys. 4a.). Klimatyzator odwrotnie, ochładza wnętrze domu, pobiera więc ciepło wewnątrz domu, a oddaje na zewnątrz (Rys. 4c.). Na pewno zdarzyło ci się poczuć gorący powiew z ujścia klimatyzacji. Lodówka ma za zadanie utrzymywać w niskiej temperaturze produkty spożywcze, ciepło jest więc pobierane z wnętrza lodówki i oddawane na zewnątrz (Rys. 4b.).



Rys. 4. Pompa ciepła, lodówka i klimatyzator działają na tej samej zasadzie, różne są tylko miejsca pobierania i oddawania ciepła.

Każdy cykl termodynamiczny możemy przedstawić na wykresie zależności ciśnienia od objętości. Jak odróżnić wykres cyklu pompy ciepła od wykresu cyklu silnika cieplnego?

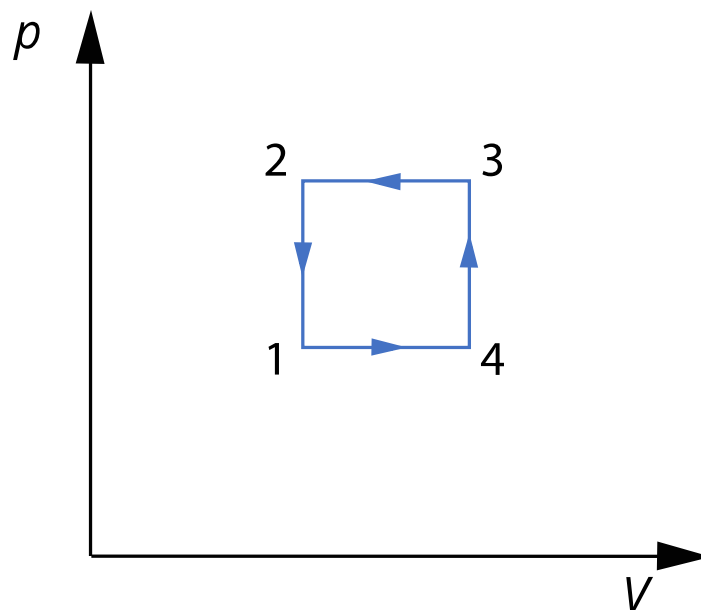
Rozważmy cykl przemian gazowych składających się z dwóch **przemian izobarycznych** i dwóch **przemian izochorycznych** (Rys. 5.).



Rys. 5. Cykl przemian gazowych składających się z dwóch przemian izobarycznych i dwóch przemian izochorycznych.

Pierwsza przemiana to **izochoryczne** ogrzewanie gazu 1-2. Ciepło jest pobierane przez gaz, w wyniku czego temperatura i ciśnienie zwiększają się. Następna – **izobaryczne** ogrzewanie 2-3. Gaz pobiera ciepło. Temperatura nadal rośnie, a wraz z nią objętość. Kolejna przemiana to oziębianie **izochoryczne** 3-4. Teraz ciepło jest przez gaz oddawane. Temperatura i ciśnienie maleją. Cykl zamyka przemiana **izobaryczna** 4-1, w której ciepło jest nadal oddawane. Temperatura i objętość zmniejszają się, aż osiągną stan początkowy. Praca wykonywana jest tylko w przemianach **izobarycznych**. W przemianach **izochorycznych**, w których nie zmienia się objętość, praca równa jest zero. Gaz wykonuje pracę podczas **izobarycznego** rozprężania 2-3. Wartość tej pracy równa jest polu powierzchni pod wykresem 2-3. Natomiast siła zewnętrzna wykonuje pracę podczas sprężania gazu 4-1. Wartość pracy wykonanej przez siłę zewnętrzną równa jest polu powierzchni pod wykresem 4-1. Widzimy, że w tym cyklu większą pracę wykonał gaz niż siła zewnętrzna, więc pracę zyskaliśmy. Ten zysk pracy równy jest polu wewnątrz wykresu w układzie $p - V$. Cykl przemian, który w układzie $p-V$ przebiega zgodnie z kierunkiem ruchu wskazówek zegara, jest cyklem silnia cieplnego.

A jaki będzie skutek przeprowadzenia cyklu w odwrotnym kierunku (Rys. 6.) ?



Rys. 6. Cykl przemian gazowych przebiegający w odwrotnym kierunku niż na Rys. 5.

Teraz siła zewnętrzna wykonuje większą pracę podczas sprężania w przemianie 3-2, a gaz mniejszą podczas rozprężania w przemianie 1-4. Przeprowadzenie tego cyklu wymaga dostarczenia energii. Zauważmy, że w tym cyklu ciepło jest pobierane przy niższych temperaturach i oddawane przy wyższych. W takim cyklu pracuje pompa ciepła.

Każdy cykl przebiegający w układzie $p - V$ zgodnie z kierunkiem ruchu wskazówek zegara, jest cyklem silnika cieplnego, a cykl przebiegający w tym układzie odwrotnie do kierunku ruchu wskazówek zegara, jest cyklem pompy ciepła.

Pamiętajmy jednak, że ta prawidłowość odnosi się **tylko** do układu współrzędnych $p - V$.

Słowniczek

przemiana izochoryczna

(ang.: *isochoric process*) – przemiana gazu doskonałego, w której stała jest objętość, a ciśnienie jest wprost proporcjonalne do temperatury w skali Kelwina: $\frac{p}{T} = \text{const}$

przemiana izobaryczna

(ang.: *isobaric process*) – przemiana gazu doskonałego, w której stałe jest ciśnienie, a objętość jest wprost proporcjonalna do temperatury w skali Kelwina: $\frac{V}{T} = \text{const}$

przemiana izotermiczna

(ang.: *isothermic process*) – przemiana gazu doskonałego, w której stała jest temperatura, a ciśnienie jest wprost odwrotnie do objętości: $pV = \text{const}$.

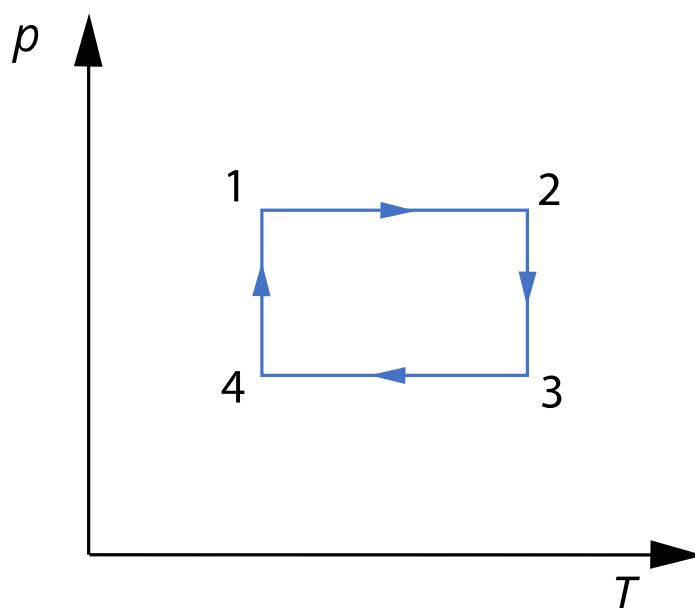
Film samouczek

Analizujemy przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w silnikach i pompach cieplnych.

Obejrzyj film samouczek, w którym zbadamy, jak cykl pracy silnika cieplnego i pompy ciepła można przedstawić na wykresach w różnych układach współrzędnych.

Polecenie 1

Na wykresie (Rys.) przedstawiono cykl przemian gazowych. Z jakich przemian składa się ten cykl?



Polecenie 2

Przeanalizuj ten cykl i odpowiedz, czy w takim cyklu pracuje pompa ciepła czy silnik cieplny? Uzasadnij odpowiedź.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wskaż prawdziwe stwierdzenie:

- ☐ W pompie ciepła ciepło pobrane ma mniejszą wartość niż ciepło oddane.
- ☐ W pompie ciepła ciepło pobrane ma większą wartość niż ciepło oddane.

Ćwiczenie 2



Wskaż prawdziwe stwierdzenie:

- ☐ W silniku cieplnym ciepło pobrane ma mniejszą wartość niż ciepło oddane.
- ☐ W silniku cieplnym ciepło pobrane ma większą wartość niż ciepło oddane.

Ćwiczenie 3



Uzupełnij zdanie:

W silniku cieplnym ciepło pobrane / oddane równe jest sumie pracy i ciepła pobranego / oddanego .

Ćwiczenie 4



Uzupełnij zdanie:

W pompie ciepła ciepło pobrane / oddane równe jest sumie pracy i ciepła pobranego / oddanego .

Ćwiczenie 5



Silnik cieplny wykonał pracę równą 15 kJ i pobrał w tym czasie ciepło równe 45 kJ . Oblicz ciepło oddane przez silnik.

Ciepło oddane wynosi kJ

Ćwiczenie 6



Pompa ciepła pobrała z gruntu ciepło równe 150 kJ . Zużyto przy tym energię elektryczną o wartości 90 kJ . Oblicz ciepło oddane do wnętrza domu.

Pompa oddała do wnętrza domu ciepło równe kJ.

Ćwiczenie 7

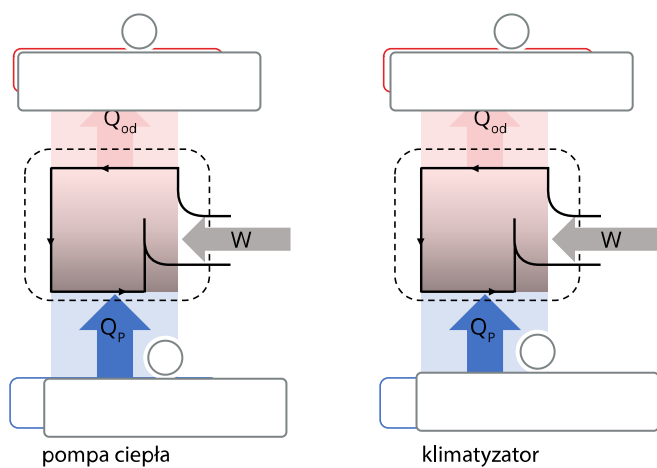


Janek wpadł na pomysł, jak ochłodzić mieszkanie w upalny dzień: trzeba otworzyć lodówkę i zaraz będzie chłodniej. Odpowiedz, jak zmieni się temperatura mieszkania, w którym zostawimy otwartą, działającą lodówkę. Odpowiedź uzasadnij.

Ćwiczenie 8



Rysunek pokazuje przepływy energii w pompie ciepła, która służy do ogrzewania domu i w klimatyzatorze, którego zadaniem jest chłodzenie domu. Uzupełnij rysunek, wpisując w odpowiednie miejsca, skąd ciepło jest pobierane i dokąd odprowadzane. Wybierz spośród: wewnątrz domu, otoczenie domu, grunt na głębokości 1,5 m.



Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Analizujemy przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w silnikach i pompach cieplnych.
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: 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; 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu; VI. Termodynamika. Uczeń: 15) analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w silnikach i pompach cieplnych.
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenie 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. określi, jak energia w postaci ciepła i pracy przepływa w silniku cieplnym i w pompie ciepła. 2. wyjaśni, czym różni się cykl pracy silnika i pompy ciepła. 3. zastosuje zasadę zachowania energii do cyklu silnika cieplnego i pompy ciepła. 4. przeanalizuje wykresy cykli przemian gazowych przebiegających w przeciwnych kierunkach.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszewacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów).
Metody nauczania:	wykład informacyjny, pokaz multimedialny, analiza pomysłów.
Formy zajęć:	- praca w grupach; - praca indywidualna.
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia.
Materiały pomocnicze:	e-materiały „Co to jest silnik cieplny”, „Co to jest pompa ciepła”, „ Jak zanalizować cykle termodynamiczne? ”, „ Cykl Carnota ”.
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
• Wprowadzenie zgodnie z treścią w części „Czy to nie ciekawe?”. • Odwołanie do potocznej wiedzy uczniów o zastosowaniu silnika cieplnego i pompy ciepła.	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel wyjaśnia przepływy energii w silniku cieplnym i pompie ciepła, odnosząc się do porównania z silnikiem i pompą hydrauliczną. Nauczyciel pyta uczniów o zastosowania zasady zachowania energii w silniku i pompie ciepła. Uczniowie zgłaszają pomysły związku między ciepłem pobranym, oddanym i pracą w tych urządzeniach, dochodząc z pomocą nauczyciela do właściwych wzorów. Uczniowie w grupach analizują cykle złożone z dwóch przemian izobarycznych i dwóch izochorycznych, przedstawione w układzie $p - V$ i przebiegające w przeciwnych kierunkach i dochodzą do wniosku, który z nich jest cyklem pompy ciepła, a który cyklem silnika cieplnego. Uczniowie oglądają film-samouczek.	

Faza podsumowująca:	
Uczniowie w grupach rozwiązują zadanie powiązane z filmem (Polecenie 1) i zadanie 7 z części „Sprawdź się”.	
Praca domowa:	
Zadania z części „Sprawdź się”: obowiązkowo 1-4, do wyboru jedno z pozostałych zadań.	
Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:	Film samouczek może być wykorzystany przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału.