



Co to jest pompa ciepła?

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



Co to jest pompa ciepła?

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/pl/photos/niemcy-bocholt-w%c5%82%c3%b3kienniczny-muzeum-1349742/> [dostęp 11.06.2022], domena publiczna.

## Czy to nie ciekawe ?

Czy wiesz, że zimą, gdy temperatura powietrza często spada poniżej zera, temperatura gruntu na głębokości 1,5 m wynosi od 2°C do 5°C? Dzięki pompom ciepła energię zgromadzoną w gruncie można wykorzystać do ogrzania budynków mieszkalnych. Jak to możliwe, że pompa ciepła przenosi energię z zimnego miejsca do wnętrza domu, ogrzewając pomieszczenia do przyjemnych 24°C? W jaki sposób się to dzieje, dowiesz się z tego e-materiału.



Fot. a. Szczęśliwy kot mieszkający z właścicielami w energooszczędnym domu z pompą ciepła.

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.istockphoto.com/pl/zdjęcie/futrzany-pasiasty-kot-le%5BC%4%85cy-na-ciep%5%82ych-podp%3%B3rkach-ch%5%82odnicy-gm1050340000-280862550> [dostęp 10.02.2020].

### **Twoje cele**

- poznasz zasadę działania pompy ciepła,
- dowiesz się, jakie procesy termodynamiczne są podstawą działania pompy ciepła,
- zrozumiesz, dlaczego pompa ciepła wymaga zasilania energią elektryczną,
- zdefiniujesz współczynnik wydajności pompy ciepła.

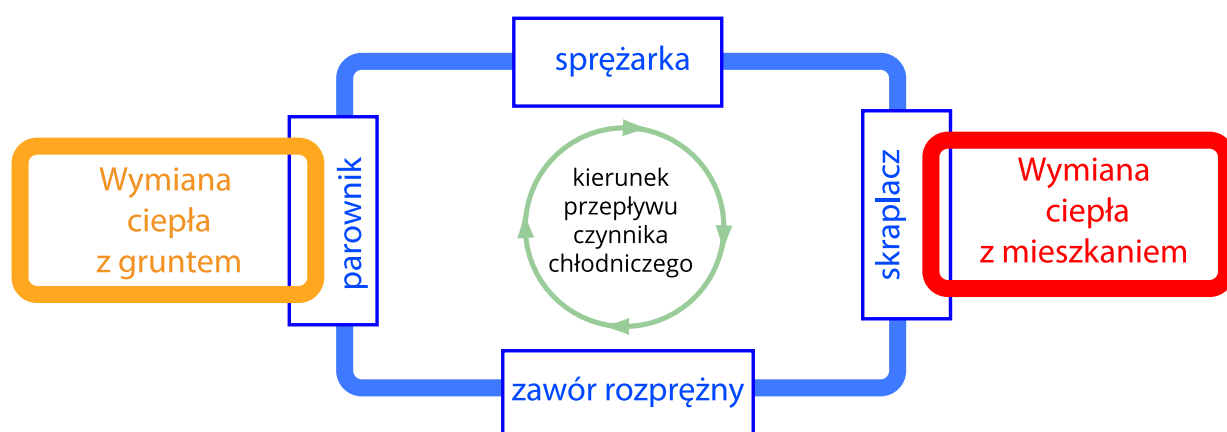
# Przeczytaj

## Warto przeczytać

Pompa ciepła działa na takiej samej zasadzie, jak lodówka: ciepło jest przenoszone od miejsca o niższej temperaturze do miejsca o wyższej temperaturze. Oczywiście jest to możliwe, gdy urządzenie to jest stale zasilane energią.

Przyjrzyjmy się schematowi instalacji pompy ciepłej przedstawionemu na Rys. 1. Składa się on z trzech niezależnych obiegów:

1. obiegu dolnego źródła,
2. obiegu górnego źródła,
3. obiegu pompy ciepła.



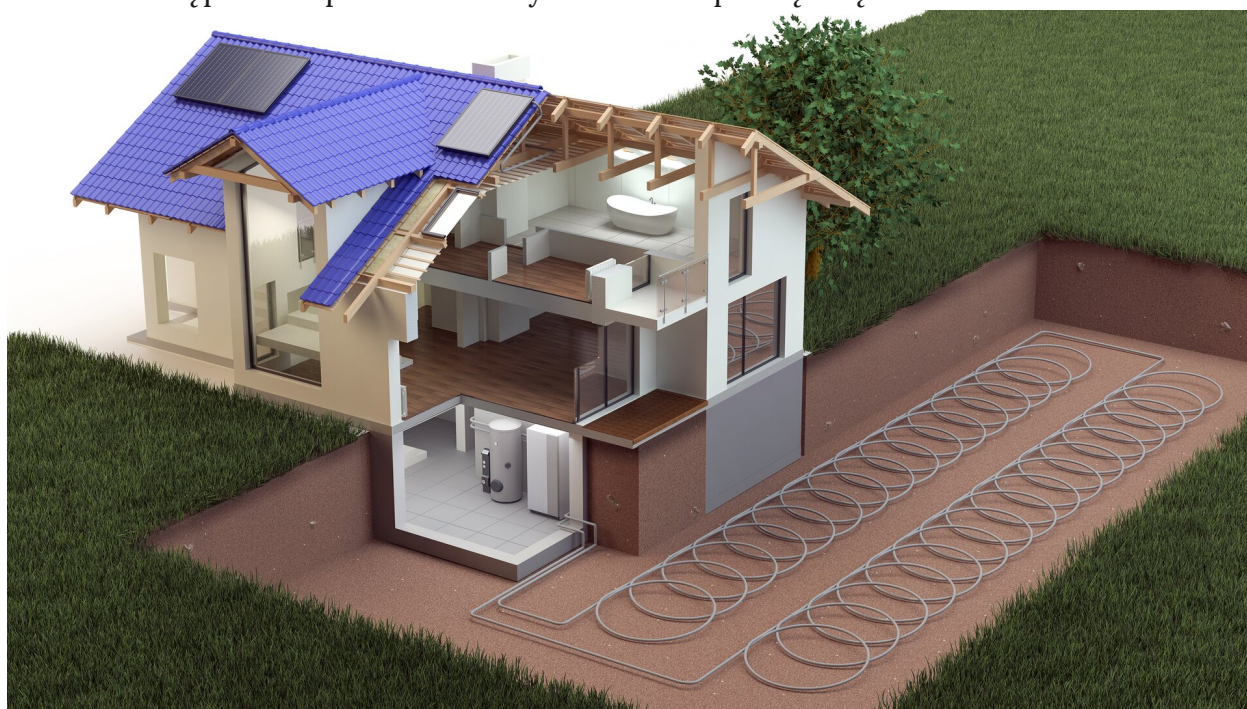
Rys. 1. Schemat instalacji pompy ciepłej

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

**Obieg dolnego źródła**, zaznaczony na Rys. 1. kolorem pomarańczowym, stanowią zakopane pod ziemią rury, w których krąży niezamarzająca ciecz, zwykle glikol (zob. Rys. 2.). To tutaj pobierane jest ciepło, które jest dostarczane do umieszczonej w domu pompy ciepła. Grunt jest dobrym źródłem ciepła, ponieważ w ciągu całego roku ma dosyć stabilną temperaturę. W lipcu wynosi ona około 8°C. W październiku, kiedy rozpoczyna się grzanie domu, około 10°C. Ilość energii zgromadzonej w gruncie jest tak duża, że z łatwością wystarcza na cały sezon grzewczy. Pobieranie ciepła przez glikol jest możliwe, ponieważ ma on niższą temperaturę niż grunt, co zostanie wyjaśnione niżej.

**Obieg górnego źródła**, zaznaczony na Rys. 1. kolorem czerwonym, stanowi instalacja centralnego ogrzewania, w której krąży woda zasilająca kaloryfery budynku.

Najważniejszą częścią omawianej instalacji jest **obieg pompy ciepła**, widoczny w centralnej części Rys. 1., zaznaczony kolorem niebieskim. W tym obiegu czynnikiem chłodniczym jest ciecz, która charakteryzuje się niską temperaturą wrzenia (np. substancja o nazwie R407C ma temperaturę wrzenia  $-43,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  pod ciśnieniem 1 atm.). Cykl termodynamiczny pompy ciepła rozpoczyna się w parowniku. To tutaj odbierane jest ciepło pochodzące z gruntu, które zużywane jest w procesie **parowania** czynnika roboczego. Glikol z obiegu dolnego źródła, który oddał ciepło, obniżając w ten sposób swoją temperaturę, wraca pod ziemię i może znów pobierać ciepło od gruntu. Powstałe w parowniku pary mają dość niską temperaturę (kilka stopni powyżej  $0^{\circ}\text{C}$ ) i niewielkie ciśnienie. Pary te są kierowane do sprężarki, zasilanej energią elektryczną. W sprężarce para zostaje szybko sprężona, co skutkuje zwiększeniem jej temperatury. Kolejnym elementem obiegu, do którego trafia para, jest wymiennik ciepła zwany skraplaczem, powiązany z obiegiem górnego źródła. Gorąca i sprężona para oddaje tu energię cieplną, co powoduje jej **skroplenie**. Ciepło odbiera woda w instalacji centralnego ogrzewania, w wyniku czego jej temperatura zwiększa się i za pomocą pompy może być rozprowadzona do grzejników. Czynnik roboczy w postaci cieczy, gdy opuszcza skraplacz, jest zbyt gorący, aby mógł odebrać w parowniku ciepło pochodzące z ziemi. Z tego powodu jest on kierowany do zaworu rozprężnego, gdzie gwałtownie zmniejsza się jego ciśnienie i temperatura. Ochłodzona w wyniku rozprężania ciecz trafia następnie do parownika i cykl może rozpocząć się od nowa.



Rys. 2. Obieg dolnego źródła pobierający ciepło z gruntu.

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.istockphoto.com/pl/zdjęcie/pompa-ciepła-C5%82a-C5%BAr%C3%B3d%C5%82o-gruntu-gm1069714270-286161813> [dostęp 10.02.2020], iStockphoto, tylko do użytku edukacyjnego na [zpe.gov.pl](http://zpe.gov.pl).

Jak wynika z powyższego opisu, pompa ciepła potrzebuje zasilania. Najwięcej energii elektrycznej potrzebne jest do zasilania sprężarki, która zwiększa temperaturę czynnika chłodzącego. Energię elektryczną zużywają też pompy wymuszające ruch cieczy w obiegach dolnego i górnego źródła.

Ważnym parametrem pomp ciepła jest **współczynnik wydajności**, w skrócie COP (*ang.: coefficient of performance*). Jest on zdefiniowany jako stosunek ilości ciepła dostarczanego przez pompę do budynku do ilości zużytej w tym celu energii elektrycznej:

$$COP = \frac{Q_s}{W},$$

gdzie  $Q_s$  to ciepło oddane w skraplaczu, a  $W$  – energia elektryczna pobrana przez pompę. Maksymalny współczynnik wydajności zależy od różnicy temperatur górnego i dolnego źródła ciepła:

$$COP = \frac{T_s}{T_s - T_p},$$

gdzie  $T_s$  to temperatura w skraplaczu (tj. wody w kaloryferach), a  $T_p$  – temperatura w parowniku (tj. temperatura gruntu). Obie temperatury wyrażone są w skali Kelvina. Im mniejsza różnica temperatur między obiegiem górnego i dolnego źródła, tym większa wydajność. Współczynnik wydajności pomp ciepła osiąga wartości z zakresu od 3 do 4 (tj. od 300% do 400%). Oznacza to, że pompa dostarcza do budynku 3 – 4 kWh ciepła na każdy pobrany 1 kWh energii elektrycznej.

Nie ma większego sensu bezpośrednio porównywanie tej wielkości ze sprawnością np. grzejnika elektrycznego, gdzie 100% energii elektrycznej przechodzi w ciepło i z góry wiadomo, że wynik ten nie jest zależny od jakiegokolwiek temperatury (docelowej osiągananej w domu, zewnętrznej, gruntu pod domem itp.).

## Słowniczek

### Kilowatogodzina (kWh)

(*ang.: kilowatt-hour*) jednostka pracy, energii oraz ciepła. 1 kWh odpowiada ilości energii, jaką zużywa przez godzinę urządzenie o mocy 1000 watów, czyli jednego kilowata (kW).

### Moc grzewcza grzejnika

(*ang.: radiator heating power*) energia cieplna oddawana przez grzejnik w ciągu 1 sekundy.

### Parowanie

(*ang.: evaporation*) zmiana stanu skupienia substancji z ciekłego na gazowy. Podczas parowania substancja pobiera ciepło.

### Skraplanie

(*ang.: condensation*) zmiana stanu skupienia substancji z gazowego na ciekły. Podczas parowania substancja oddaje ciepło.

# Animacja

---

## Pompa ciepła - podstawy działania

Prześledź poszczególne etapy działania pompy ciepła. Zwróć uwagę na specyfikę transportu energii wewnętrznej - inną w każdym etapie - od miejsca jej pobrania do miejsca jej wykorzystania. Zauważ także formę, w jakiej ta energia jest transportowana w poszczególnych obiegach.

## Wystąpił błąd

### Polecenie 2

W obiegu pierwszym instalacji energia jest transportowana od otoczenia do wymiennika ciepła zwanego parownikiem, w drugim od parownika do kolejnego wymiennika zwanego skraplaczem, a w trzecim od skraplacza do wnętrza domu. W każdym obiegu krąży inna substancja robocza.

### Polecenie 3

# Film samouczek

---

## Substancja robocza w pompie ciepłej - termodynamiczny cykl pracy w drugim obiegu

**Aby lepiej zrozumieć zagadnienia poruszane w tym filmie, przypomnij sobie...**

- Trzy obiegi materii, składające się na pracę pompy ciepła. W tym celu wróć do sekcji „Przeczytaj” lub przejrzyj animację schematycznie przedstawiającą tę pracę.
- Podstawowe cechy przemian gazowych: izobarycznej, izotermicznej i adiabatycznej. W tym celu zajrzyj do odpowiednich e-materiałów.

Kluczową rolę w pracy pompy ciepła odgrywa substancja robocza w drugim jej obiegu. Obejrzyj film samouczek, w którym przedstawiono termodynamiczny cykl przemian, jakim musi być poddana ta substancja oraz uwarunkowania związane z jej doбором.

### Polecenie 1

## Wystąpił błąd

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

### Polecenie 2

### Polecenie 3

Co może się stać z pompą ciepłą, jeśli - czysto hipotetycznie - spadłaby temperatura gruntu?

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Pompa ciepła utrzymuje stałą temperaturę wody w kaloryferach na poziomie 40°C. Pewnego dnia w październiku średnia temperatura gruntu, skąd pobierane jest ciepło, wynosiła 7°C, a innego dnia w lutym 2°C. Którego dnia pompa zużyła więcej energii elektrycznej? Odpowiedź uzasadnij.

Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



# Dla nauczyciela

---

## Konspekt (scenariusz) lekcji

<b>Imię i nazwisko autora:</b>	Krystyna Wosińska
<b>Przedmiot:</b>	Fizyka
<b>Temat zajęć:</b>	<b>Co to jest pompa ciepła?</b>
<b>Grupa docelowa:</b>	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
<b>Podstawa programowa:</b>	<p><b>Cele kształcenia – wymagania ogólne</b></p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p><b>Zakres rozszerzony</b></p> <p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; przelicza wielokrotności i podwielokrotności;</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;</p> <p>VI. Termodynamika. Uczeń:</p> <p>15) analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w silnikach i pompach ciepłych;</p>
<b>Kształtowane kompetencje kluczowe:</b>	<p><b>Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,</li><li>• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,</li><li>• kompetencje cyfrowe,</li><li>• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się,</li></ul>

<b>Cele operacyjne:</b>	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. wyjaśnia zasadę działania pompy ciepła,</li> <li>2. identyfikuje procesy, jakim poddawany jest czynnik chłodzący w pompie ciepłej,</li> <li>3. wyjaśnia, dlaczego pompa ciepła wymaga zasilania energią elektryczną.</li> <li>4. definiuje współczynnik wydajności pompy ciepła i stosuje tę definicję w rzeczywistych sytuacjach.</li> </ol>
<b>Strategie nauczania:</b>	strategia eksperymentalno-obszernyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
<b>Metody nauczania:</b>	wykład informacyjny, pokaz multimedialny.
<b>Formy zajęć:</b>	praca w grupach; praca indywidualna.
<b>Środki dydaktyczne:</b>	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia.
<b>Materiały pomocnicze:</b>	e-materiały „Co to jest silnik cieplny?“, „Analizujemy przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w silnikach i pompach cieplnych.“, „ <b>Jak zanalizować cykle termodynamiczne?</b> ”
<b>PRZEBIEG LEKCJI</b>	
<b>Faza wprowadzająca:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wprowadzenie zgodnie z treścią w części „Czy to nie ciekawe?”</li> <li>• Odwołanie do wiedzy uczniów o naturalnym przepływie ciepła od miejsca o wyższej temperaturze do miejsca o niższej temperaturze.</li> </ul>	
<b>Faza realizacyjna:</b>	
<p>Nauczyciel wyjaśnia zasadę działania pompy ciepła, pokazując omawiane elementy na wyświetlonym schemacie pompy. Wyjaśnia zjawiska zachodzące w obiegu dolnym źródła pompy, podkreślając, że pobranie ciepła przez ciecz może się odbywać z powodu niższej temperatury cieczy niż otoczenia. Następnie omawia zjawiska w obiegu pompy: parowanie z pobieraniem ciepła, sprężanie, skraplanie z oddawaniem ciepła do instalacji centralnego ogrzewania i na koniec rozprężanie w celu zamknięcia cyklu termodynamicznego. W trakcie wykładu nauczyciel zadaje uczniom pytania, sprawdzając stopień przyswojenia wiedzy.</p> <p>Uczniowie oglądają samouczek i w grupach rozwiązują zadanie 5 z zestawu ćwiczeń.</p>	
<b>Faza podsumowująca:</b>	
Uczniowie w grupach rozwiązują zadanie 8 z zestawu ćwiczeń.	

**Praca domowa:**

Zadania 1 - 4 z zestawu ćwiczeń, oraz do wyboru 1 z pozostałych zadań.

**Wskazówki  
metodyczne opisujące  
różne zastosowania  
danego multimedium:**

Multimedium bazowe może być wykorzystane przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału.

Można też polecić uczniom obejrzenie filmu przed lekcją i zapisanie, co jest niezrozumiałe, by potem w trakcie lekcji bardziej skupić się tych zagadnieniach.