

Podstawy energetyki cieplnej



- **Przeliczniki jednostek**
- **Zasady termodynamiki**
- **Sprawność**
- **Wymiana ciepła**
- **Zmiany stanu skupienia**

Przeliczniki jednostek

Posługiwanie się dużymi wartościami liczbowymi i obliczenia na nich są kłopotliwe.

Dlatego, aby to ułatwić, stosujemy przeliczniki.

Przykład:

Moc zainstalowana elektrowni Bełchatów (węgiel brunatny):

5 102 000 000 W

pięć miliardów sto dwa miliony Wat

Inaczej można napisać-powiedzieć:

5,102 GW

pięć, sto dwa gigawat

lub

5 102 MW

pięć tysięcy sto dwa megawat

Przykład:

Pompa ciepła ma moc grzewczą: **10 000 W**
dziesięć tysięcy Wat

inaczej:

10 kW
dziesięć kilowat

Przeliczniki jednostek

przedrostek	oznaczenie	wartość	nazwa liczby	przykład
eksa	E	$10^{18} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$	trylion	
peta	P	$10^{15} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$	biliard	
tera	T	$10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$	bilion	
giga	G	$10^9 = 1\ 000\ 000\ 000$	miliard	1 Gpc = 1000000000 pc
mega	M	$10^6 = 1\ 000\ 000$	milion	1 MJ = 1000000 J
kilo	k	$10^3 = 1\ 000$	tysiąc	1 kg = 1000 g
hekto	h	$10^2 = 100$	sto	1 ha = 100 a
deko	da	$10^1 = 10$	dziesięć	1 dag = 10 g
jednostka	—	$10^0 = 1$	jeden	
decy	d	$10^{-1} = 0,1$	jedna dziesiąta	1 dm = 0,1 m
centy	c	$10^{-2} = 0,01$	jedna setna	1 cm = 0,01 m
mili	m	$10^{-3} = 0,001$	jedna tysięczna	1 mm = 0,001 m
mikro	μ	$10^{-6} = 0,000001$	jedna milionowa	1 μm = 0,000001 m
nano	n	$10^{-9} = 0,000000001$	jedna miliardowa	1 nm = 0,000000001 m
piko	P	$10^{-12} = 0,0000000000001$	jedna bilionowa	
femto	F	$10^{-15} = 0,0000000000000001$	jedna biliardowa	
atto	a	$10^{-18} = 0,0000000000000000001$	jedna trylionowa	

<http://matematyka.strefa.pl>

Przeliczniki jednostek

Długość – jednostka podstawowa: m [metr]

$$10 \text{ km} = \dots \text{ m} ?$$

$\text{km} \Rightarrow \text{m}$ przelicznik: 1000

$$10 \text{ km} \cdot 1\,000 = 10\,000 \text{ m}$$

inaczej:

$$10 \cancel{\text{km}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \cancel{\text{km}}} = 10\,000 \text{ m}$$

mega	M	$10^6 = 1\,000\,000$		milion	1 MJ = 1000000 J
kilo	k	$10^3 = 1\,000$	jednostka większa	tysiąc	1 kg = 1000 g
hekto	h	$10^2 = 100$	↓ mnożenie	sto	1 ha = 100 a
deko	da	$10^1 = 10$		dziesięć	1 dag = 10 g
jednostka	—	$10^0 = 1$	jednostka podstawowa	jeden	
decy	d	$10^{-1} = 0,1$	↑ dzielenie	jedna dziesiąta	1 dm = 0,1 m
centy	c	$10^{-2} = 0,01$		jedna setna	1 cm = 0,01 m
mili	m	$10^{-3} = 0,001$	jednostka mniejsza	jedna tysięczna	1 mm = 0,001 m
mikro	μ	$10^{-6} = 0,000001$		jedna milionowa	1 μm = 0,000001 m

$$2\ 000\ m = \dots\ km\ ?$$

$m \Rightarrow km$ przelicznik: 1 000

$$2\ 000\ m : 1\ 000 = 2\ km$$

inaczej:

$$2\ 000\ m : \frac{1\ km}{1\ 000\ m} = 2\ km$$

mega	M	$10^6 = 1\ 000\ 000$		milion	1 MJ = 1000000 J
kilo	k	$10^3 = 1\ 000$	jednostka większa	tysiąc	1 kg = 1000 g
hekto	h	$10^2 = 100$	↑ dzielenie	sto	1 ha = 100 a
deko	da	$10^1 = 10$		dziesięć	1 dag = 10 g
jednostka	—	$10^0 = 1$	jednostka podstawowa	jeden	
decy	d	$10^{-1} = 0,1$	↓ mnożenie	jedna dziesiąta	1 dm = 0,1 m
centy	c	$10^{-2} = 0,01$		jedna setna	1 cm = 0,01 m
mili	m	$10^{-3} = 0,001$	jednostka mniejsza	jedna tysięczna	1 mm = 0,001 m
mikro	μ	$10^{-6} = 0,000001$		jedna milionowa	1 μm = 0,000001 m

Przeliczniki jednostek

Przeliczenia:

10 000 W

$$10\,000\text{ W} / 1\,000 = 10\text{ kW}$$

$$10\,000\text{ W} / 1\,000\,000 = 0,01\text{ MW}$$

25 km/h = ... m/s ?

$$1\text{ km} = 1\,000\text{ m}$$

$$1\text{ h} = 3\,600\text{ s}$$

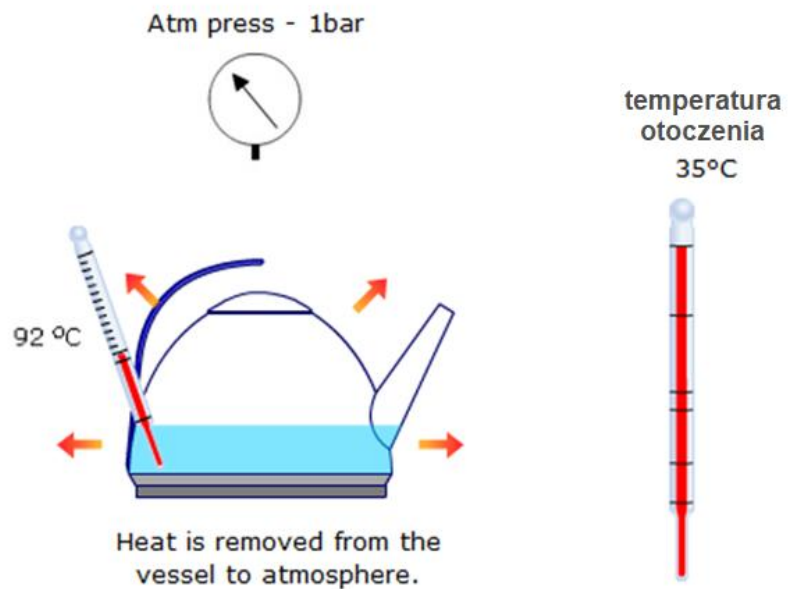
$$25 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1\,000\text{ m}}{1\text{ km}} \cdot \frac{1\text{ h}}{3\,600\text{ s}} = 6,94 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

25 m/s = ... km/h ?

$$25 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{1\text{ km}}{1\,000\text{ m}} \cdot \frac{3\,600\text{ s}}{1\text{ h}} = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Turbiny wiatrowe – zakres pracy: $4 - 25\text{ m/s} \cdot \left(\frac{3\,600\text{ s}}{1\,000\text{ m}}\right) = 14 - 90\text{ km/h}$

Przepływ ciepła... wg zasad terodynakimi.



Zasady termodynamiki

Substancja.

Substancją może być:

- powietrze,
- woda,
- mieszanina kilku różnych cieczy, np. wody destylowanej i glikolu,
- czynnik chłodniczy jednorodny lub niejednorodny,
- ciało stałe np. w postaci zamrożonej wody – lód,
- itd.

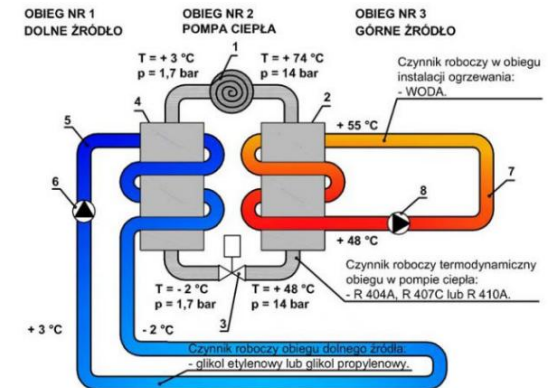
Zasady termodynamiki

Termodynamika, to nauka zajmująca się zjawiskami cieplnymi i ich powiązaniem z innymi zjawiskami (mechanicznymi, elektrycznymi, magnetycznymi).

„Termodynamika”

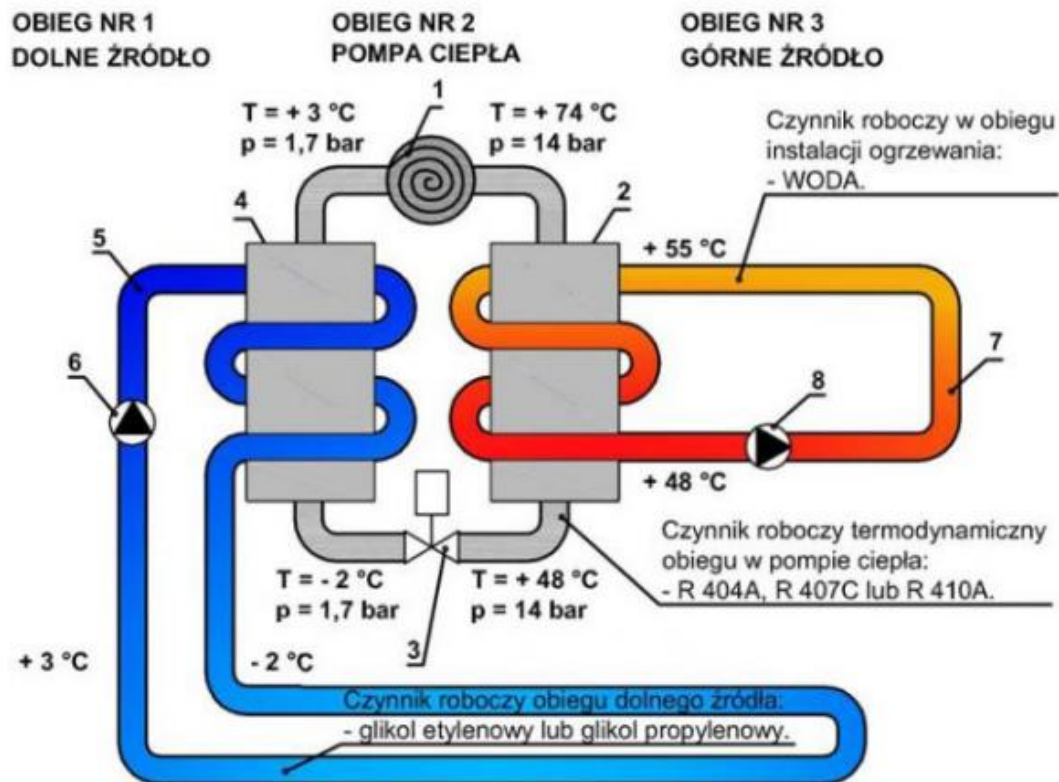
„Thermo” – ciepło

„Dynamika” – ruch, zmiany, przemiany.



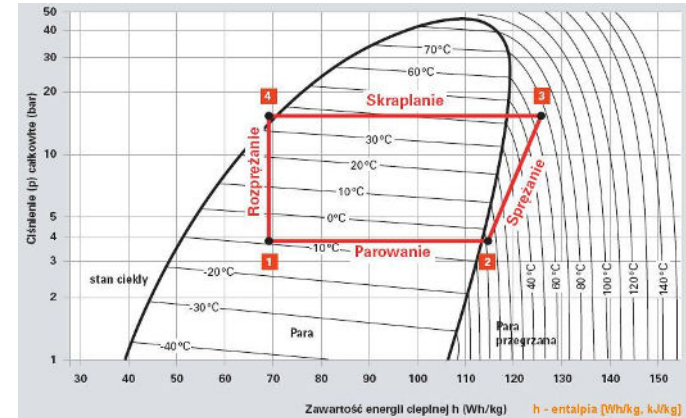
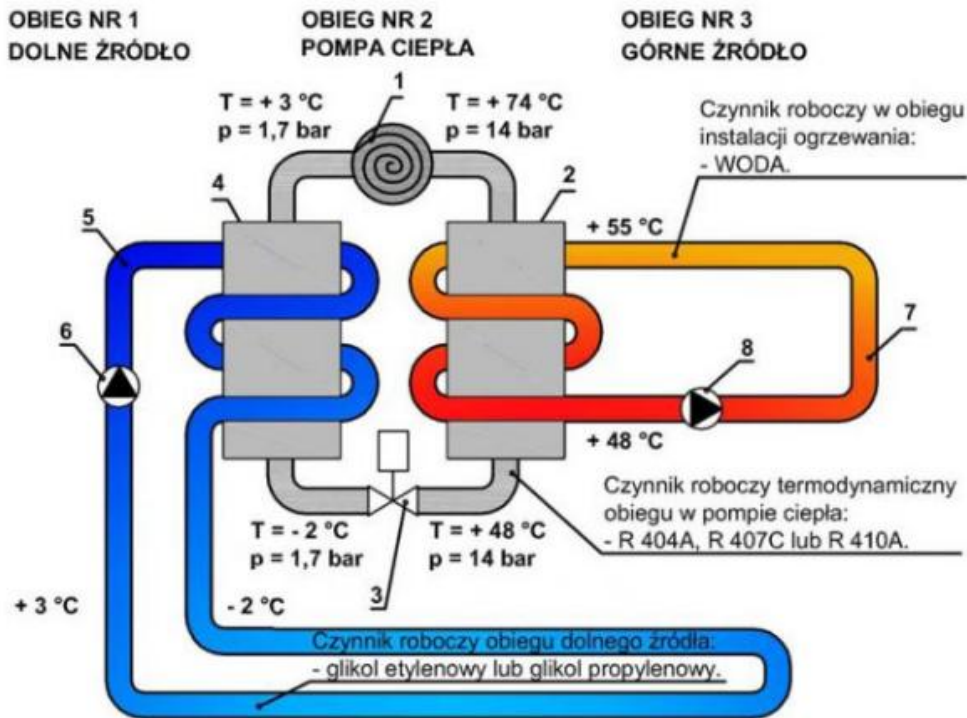
Zasady termodynamiki

1. Układ termodynamiczny, to rodzaj układu fizycznego, w którym uwzględniamy **zjawiska cieplne** oraz wszelkie **inne zjawiska**, np.: mechaniczne, elektrycznych, magnetycznych, itd..



Zasady termodynamiki

2. Układ termodynamiczny jest to wyodrębniony zespół obiektów (elementów), dla których możemy opisać stan tego układu w różnych warunkach oraz przemiany które w nim zachodzą.

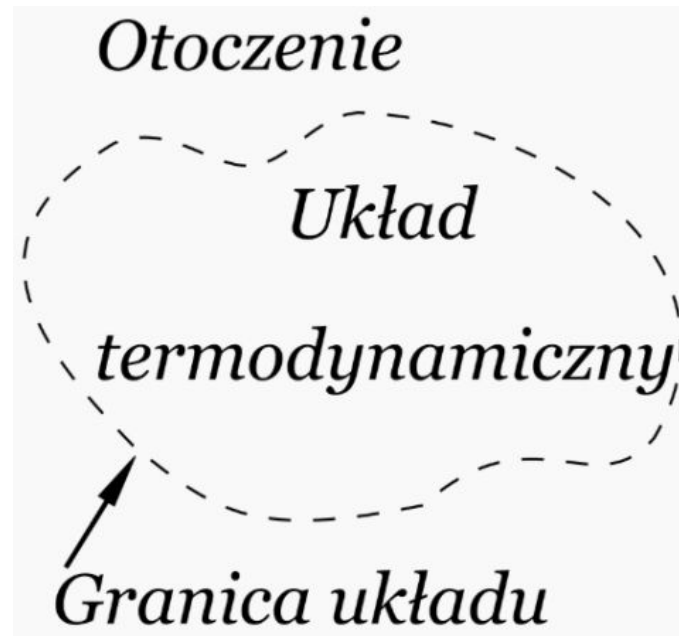


Rys. Układ chłodniczy-termodynamiczny pompy ciepła. Po prawej przemiany termodynamiczne w układzie przedstawione na wykresie log p-h.

Zasady termodynamiki

Granica układu termodynamicznego

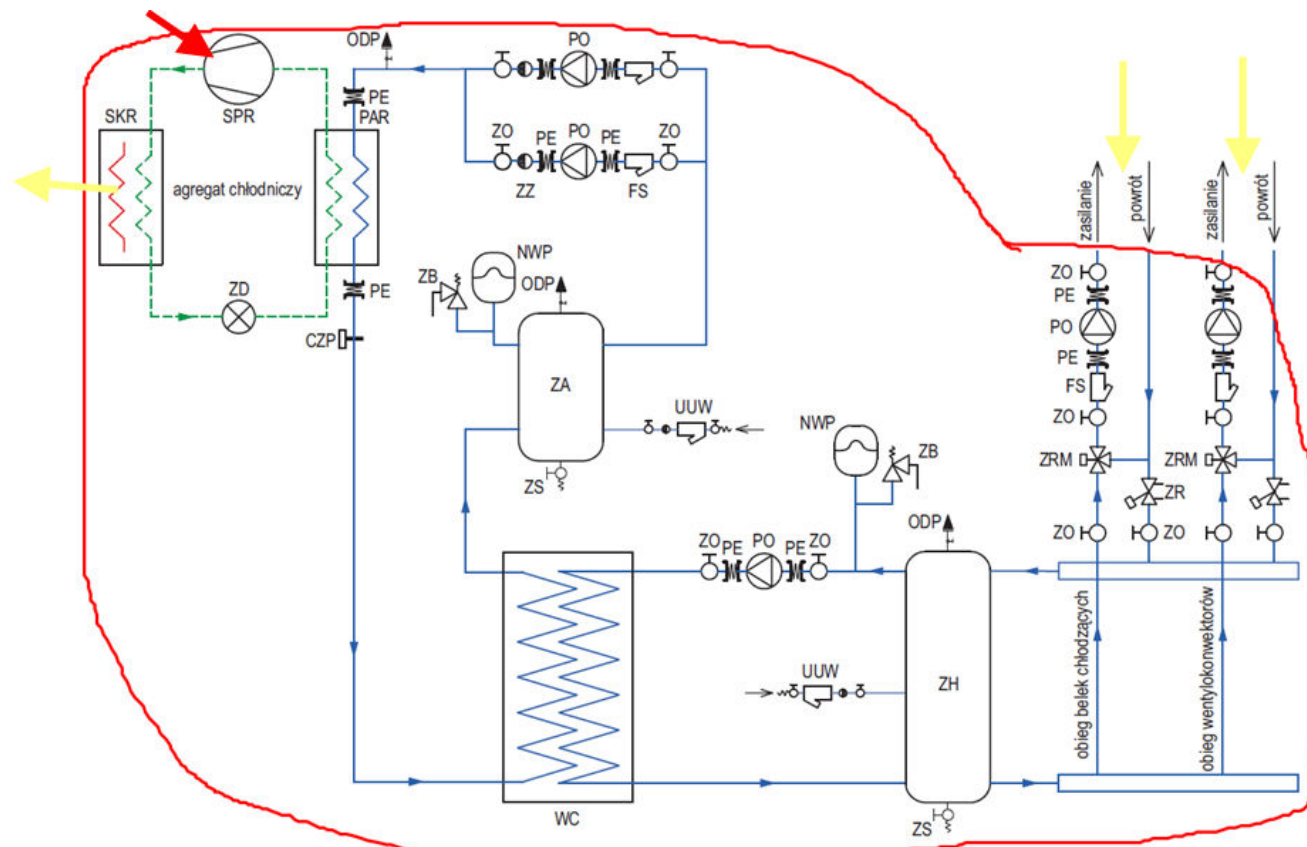
Układ termodynamiczny oddzielony jest od otoczenia granicą: **realną**, lub „**myślową**”.



Zasady termodynamiki

Granica układu termodynamicznego; c.d.

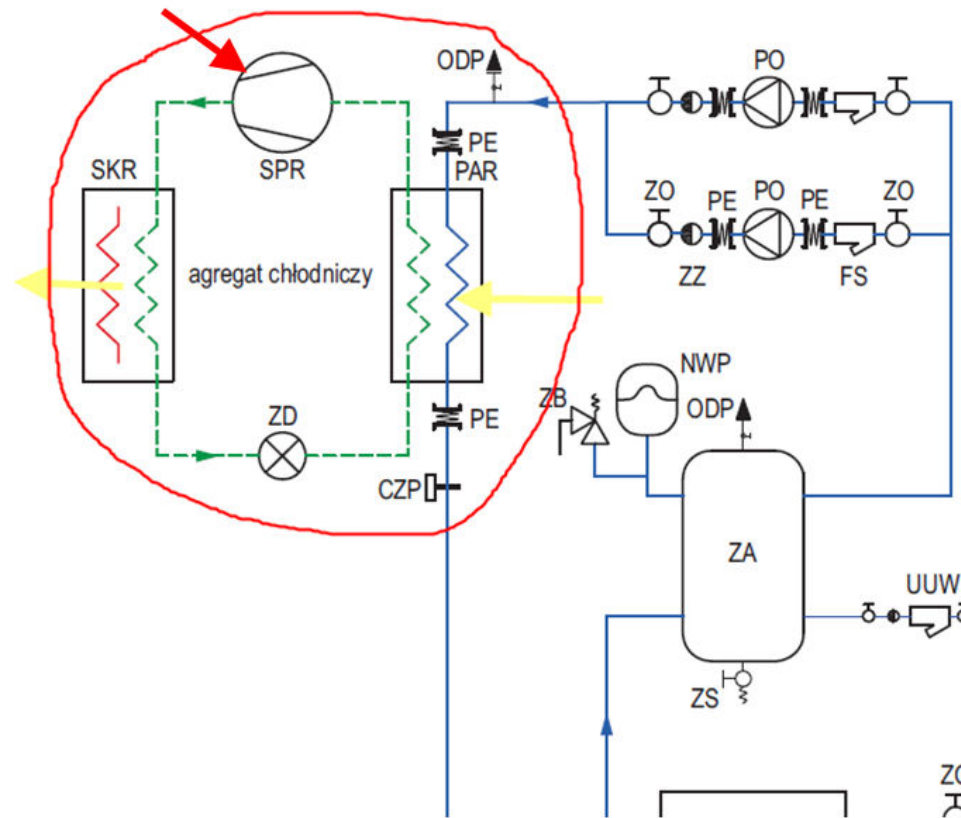
Przykład. Instalacja chłodnicza – przykład granicy rozpatrywanego układu (cała instalacja).



Zasady termodynamiki

Granica układu termodynamicznego; c.d.

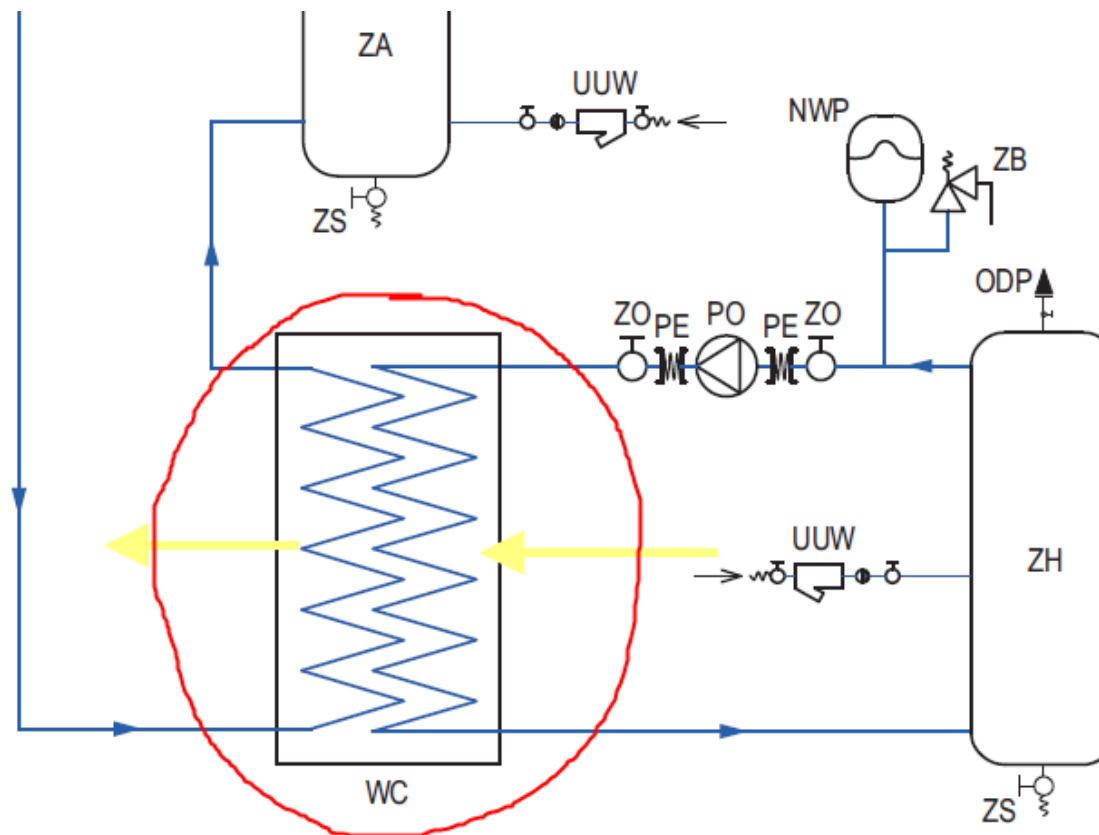
Przykład. Instalacja chłodnicza – przykład granicy rozpatrywanego układu (fragment instalacji).



Zasady termodynamiki

Granica układu termodynamicznego; c.d.

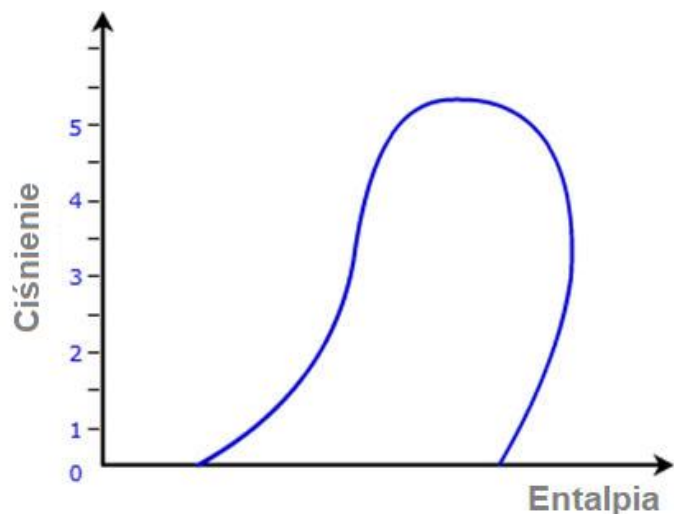
Przykład. Instalacja chłodnicza – przykład granicy rozpatrywanego układu (fragment instalacji).



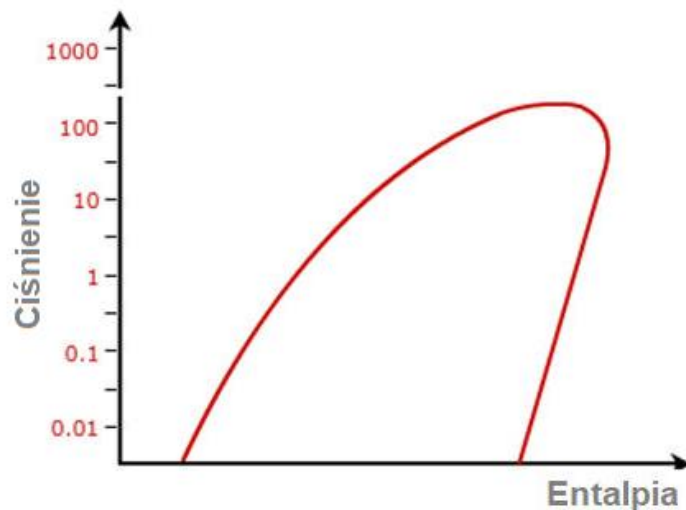
Wykres log p-h

Jest to wykres **logarytmiczny**, przedstawiający zależność między ciśnieniem, entalpia i innymi wielkościami.

Różnice między skalą „normalną” a „logarytmiczną” przedstawiają wykresy poniżej:



Rys. Skala „normalna”.



Rys. Skala logarytmiczna.

Zasady termodynamiki

Wykres log p-h; c.d.

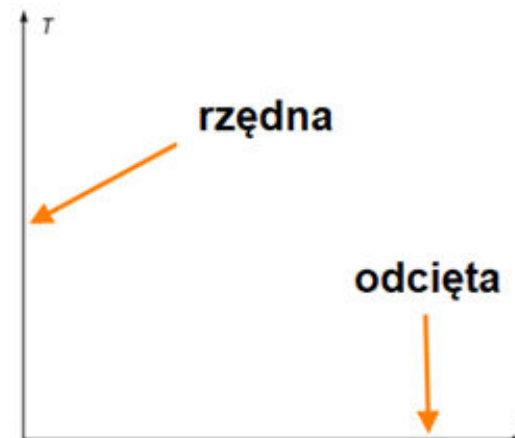
Skala logarytmiczna – stosowana do odwzorowania wielkości, które zmieniają się w szerokim zakresie (np. od małych do dużych wartości liczbowych).

Na osi rzędnych wartości mogą wzrastać „nieregularnie”.

Dzięki skali logarytmicznej wykres staje się bardziej czytelny i łatwiej jest się nim posługiwać – odczytywać parametry (mniejsze zagęszczenie linii stałych, np. linii stałej temperatury).

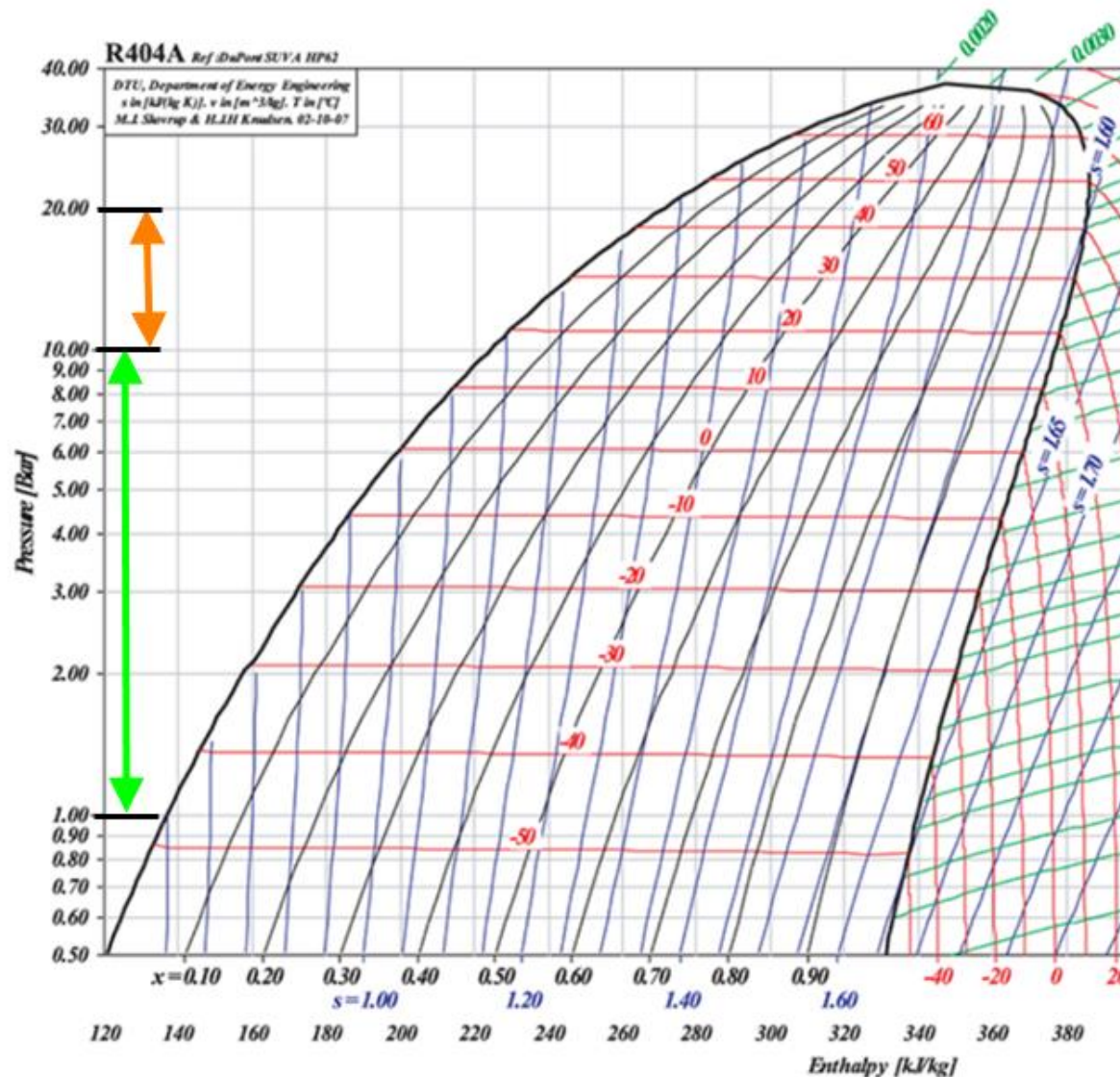
„**Rzędna**” – pionowa oś na wykresie.

„**Odcięta**” – oś pozioma.



Wykres log p-h; c.d.

Przykład wykresu logarytmicznego: Długość skali od 1 do 10 bar jest znacznie większa (dłuższy odcinek), niż odcinka od 10 -20 bar.



Regulator pompy ciepła

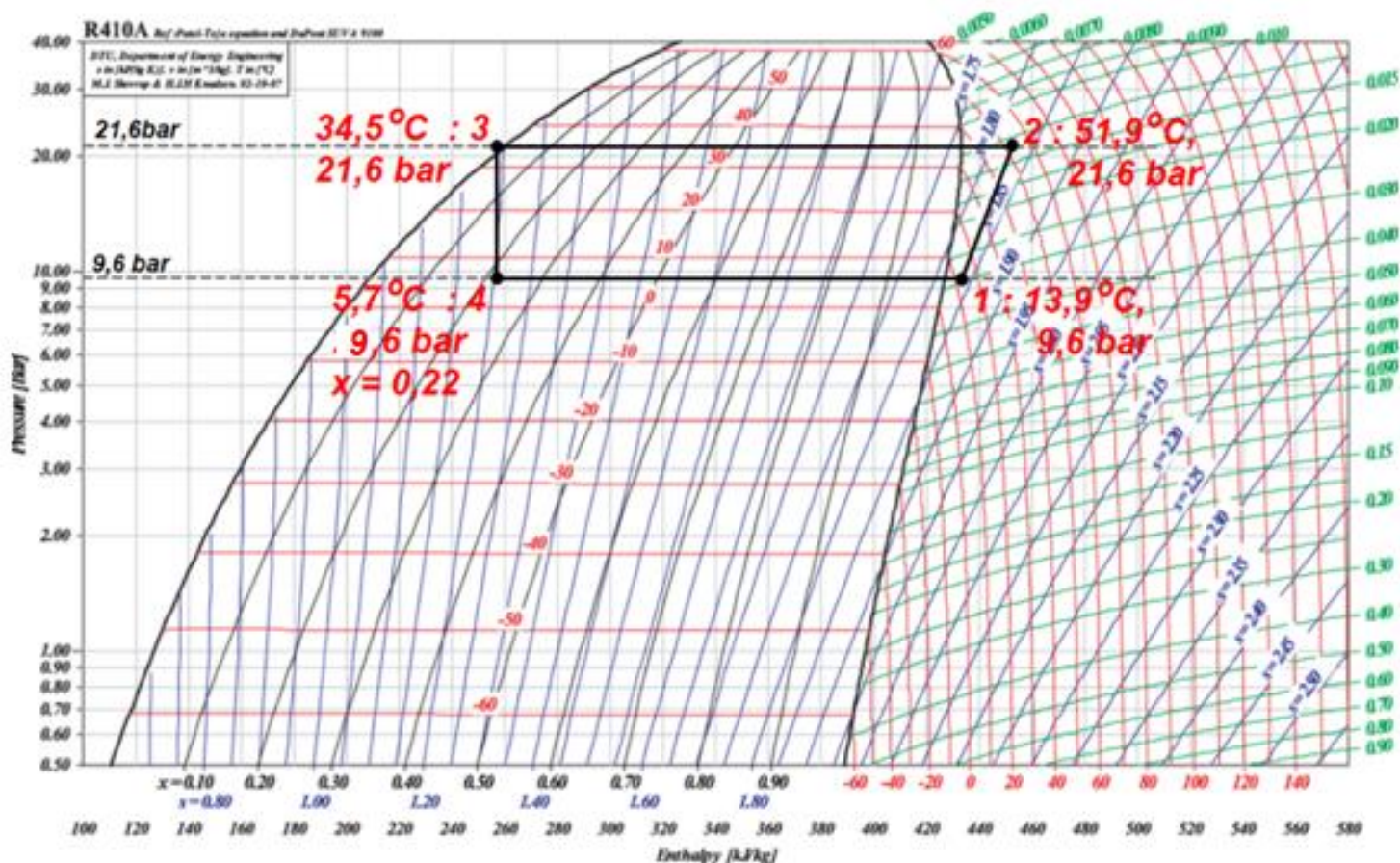


Regulator pompy ciepła; c.d.



Regulator pompy ciepła; c.d.

Punkty obiegu naniesione na wykresie log p-h czynnika R410A



Wykres log p-h; c.d.



Zasady termodynamiki

Wykres log p-h; c.d.



Dogrzanie czynnika w przewodach po stronie ssania sprężarki

(zyski ciepła): $13,9^{\circ}\text{C} - 11,9^{\circ}\text{C} = 2,0^{\circ}\text{C} = 2,0\text{ K}$

Zasady termodynamiki

Regulator pompy ciepła:

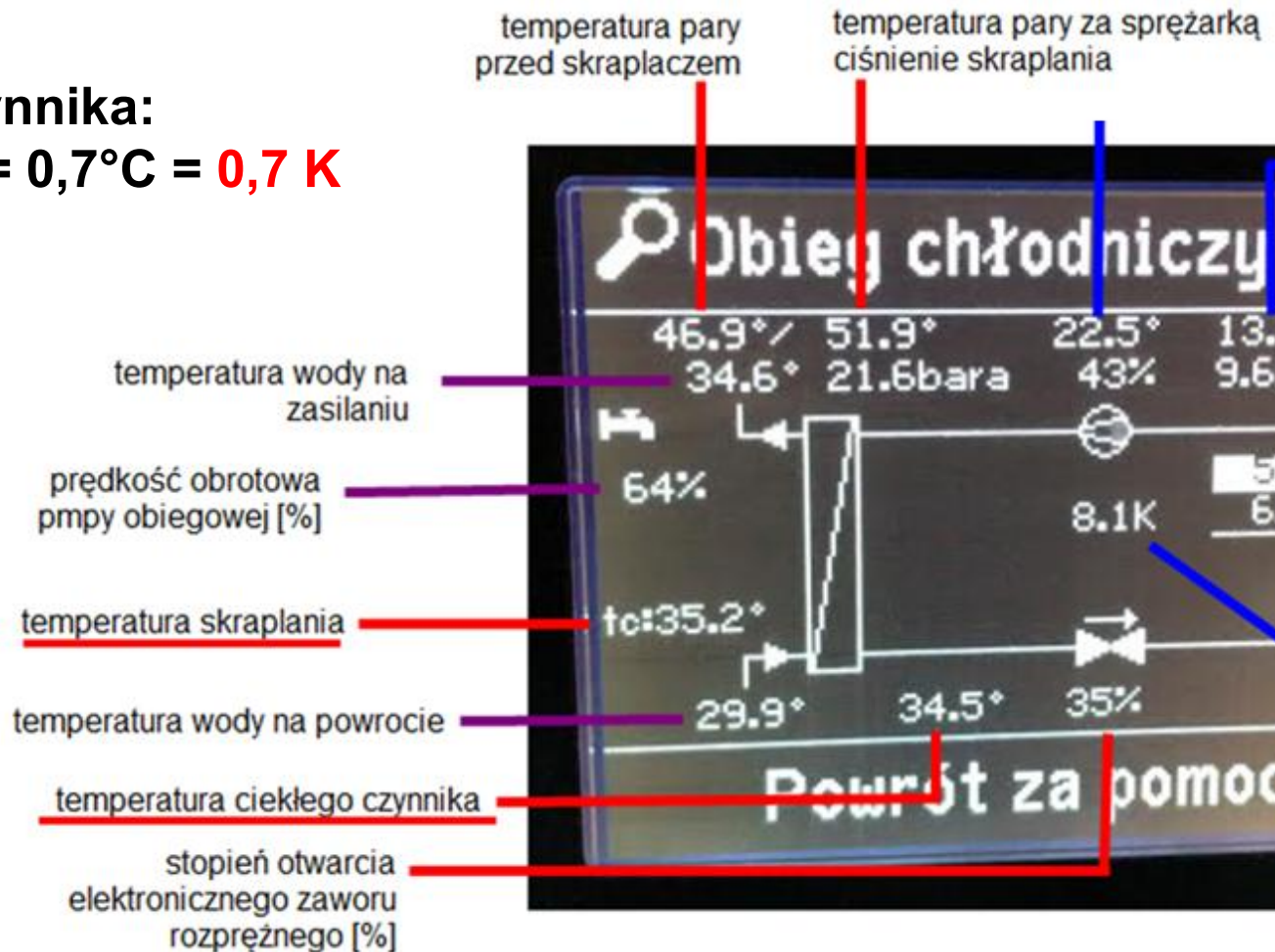
Całkowite przegranie czynnika:
 $22,5^{\circ}\text{C} - 5,8^{\circ}\text{C} = 16,7^{\circ}\text{C} = 16,7\text{ K}$



Regulator pompy ciepła:

Dochłodzenie czynnika:

$$35,2^{\circ}\text{C} - 34,5^{\circ}\text{C} = 0,7^{\circ}\text{C} = 0,7 \text{ K}$$



Zasady termodynamiki

Regulator pompy ciepła:

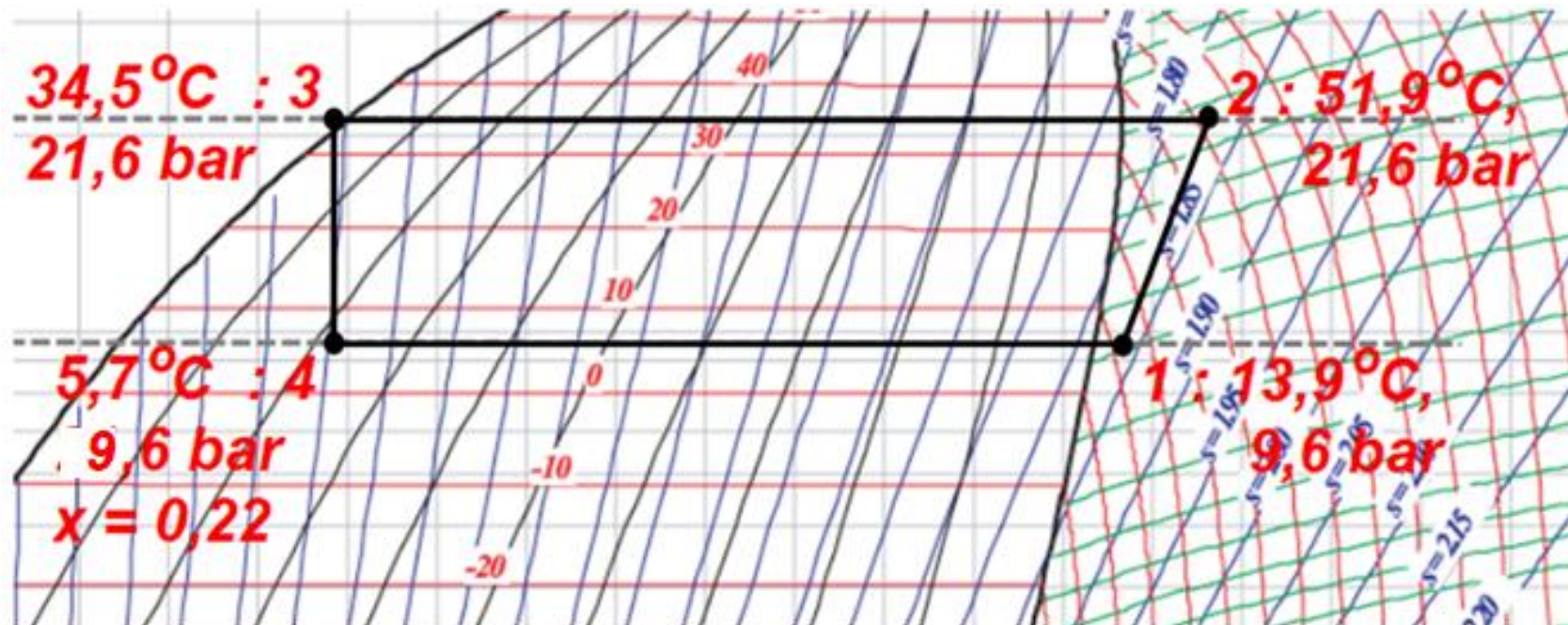


$$\text{SPRĘŻ} : 21,6 \text{ bar} / 9,6 \text{ bar} = \mathbf{2,25 [-]}$$

Zasady termodynamiki

Regulator pompy ciepła:

Punkty obiegu naniesione na wykresie log p-h czynnika R410A



Zasady termodynamiki

Tablice czy wykresy ?

Interesujące nas wielkości możemy odczytywać z wykresów i/lub z tablic.

Odczytywanie z wykresów może być kłopotliwe-trudniejsze, a uzyskane wyniki mniej dokładne.

Większą dokładność uzyskamy odczytując interesujące nas wielkości z tablic, np. tablic własności czynnika chłodniczego.

Jeżeli szukana wartość nie odpowiada podanej w tabeli, obliczamy ją stosując tzw. **interpolację liniową**.

Szukane: h cieczy = ?
dla $t = -23^\circ\text{C}$

Własności czynnika R134a w stanie cieczy nasyconej oraz pary suchej nasyconej,

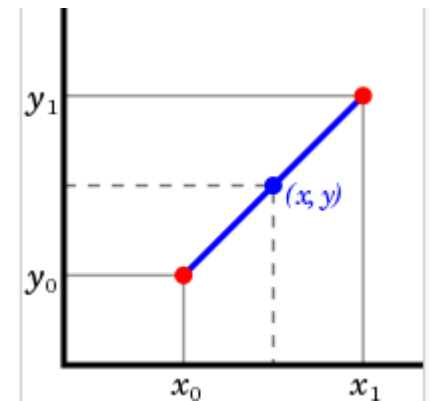
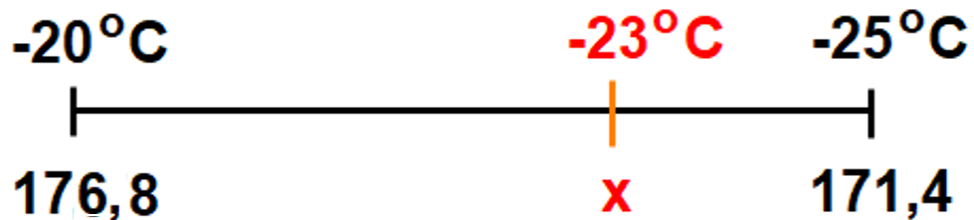
t [°C]	p_s [bar]	v [dm ³ /kg]		h [kJ/kg]		h_{fg} [kJ/kg]	s [kJ/(kg·K)]	
		ciecz	para	ciecz	para		ciecz	para
-40	0,532	0,7045	346,3	155,9	371,7	215,7	0,827	1,752
-35	0,680	0,7113	275,0	161,0	374,8	213,9	0,848	1,746
-30	0,861	0,7185	220,4	166,1	377,9	211,8	0,869	1,741
-25	1,078	0,7260	178,3	171,4	381,1	209,6	0,891	1,736
-20	1,338	0,7338	145,4	176,8	384,1	207,3	0,913	1,731
-15	1,646	0,7420	119,5	181,9	386,9	205,8	0,934	1,727

Zasady termodynamiki

Tablice czy wykres ?; **c.d.**

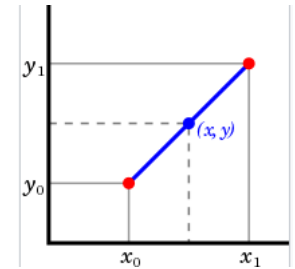
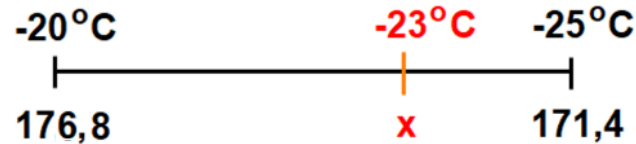
Szukane: $h = ?$ dla $t = -23^\circ\text{C}$

t [°C]	p_s [bar]	v [dm ³ /kg]		h [kJ/kg]	
		ciecz	para	ciecz	para
-20	1,338	0,7338	145,4	176,8	384,1
-25	1,078	0,7260	178,3	171,4	381,1



Zasady termodynamiki

Tablice czy wykres ?; c.d.



$$\frac{(-25^{\circ}\text{C}) - (-20^{\circ}\text{C})}{(-23^{\circ}\text{C}) - (-20^{\circ}\text{C})} = \frac{171,4 - 176,8}{x - 176,8}$$

$$(x - 176,8) \cdot ((-25) - (-20)) = (171,4 - 176,8) \cdot (((-23) - (-20)))$$

$$x = \frac{(171,4 - 176,8) \cdot ((-23) - (-20))}{((-25) - (-20))} + 176,8$$

$$x = \frac{(-5,4) \cdot (-3)}{(-5)} + 176,8$$

$$x = \frac{16,2}{(-5)} + 176,8 = (-3,24) + 176,8 = 173,56 = \mathbf{173,6}$$

Zasady termodynamiki

Podstawowe własności **fizyczne** substancji:

- temperatura
- ciśnienie
- gęstość, objętość

Dla rozróżnienia...

Podstawowe własności **termodynamiczne** substancji

- ciepło właściwe
- entalpia właściwa
- entropia właściwa

Gęstość

Jest masą substancji odniesioną do jednostki objętości którą zajmuje.

Gęstość oznaczamy symbolem ρ , a jej jednostką jest [kg/m³].

$$\rho = \frac{m}{V} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

gdzie:

m – masa substancji [kg]

V – objętość substancji [m³]

Przykład. Gęstość powietrza: 1,2 kg/m³.

W zamkniętym zbiorniku o objętości 1 m³ znajduje się powietrze, którego masa wynosi 1,2 kg.

Objętość

Objętość jest to przestrzeń jaką zajmuje substancja, np. gaz, ciecz lub ciało stałe.

Opisujemy dużą literą: V , jej jednostką podstawową jest metr sześcienny [m^3].

Zasady termodynamiki

Objętość właściwa – jest objętością substancji odniesioną do masy tej substancji, oznaczamy ją małą literą v , a jej jednostką jest $[m^3/kg]$.

Lub, objętość właściwa jest to **objętość jaką zajmie 1 kg substancji**.

$$v = \frac{V}{m} \left[\frac{m^3}{kg} \right]$$

gdzie:

V – objętość $[m^3]$

m – masa $[kg]$

Związek między gęstością a objętością właściwą

Związek między gęstością a objętością właściwą jest taki, że: gęstość jest odwrotnością objętości właściwej.

I odwrotnie: objętość właściwa jest odwrotnością gęstości.

$$\rho = \frac{1}{v} \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

po przekształceniu:

$$v = \frac{1}{\rho} \left[\frac{m^3}{kg} \right]$$

Zasady termodynamiki

Prawa termodynamiki stanowią podstawę wszystkich zjawisk i procesów spotykanych na co dzień, związanych z wymianą energii.

Są też podstawą działania pomp ciepła, klimatyzacji i układów chłodniczych.

Zasady termodynamiki

I zasada termodynamiki

czyli, **zasada zachowania energii:**

Energia dostarczona do danego układu równa jest przyrostowi energii wewnętrznej i wykonanej pracy.

$$Q = \Delta U + L$$

gdzie:

Q – ciepło dostarczone do układu

ΔU – zmiana energii wewnętrznej układu

L – praca zewnętrzna wykonana przez układ

Zasady termodynamiki

I zasada termodynamiki *inaczej...*

Energia doprowadzona do układu, równa jest przyrostowi energii wewnętrznej i energii wyprowadzonej z układu w postaci ciepła i/lub wykonanej pracy.

W stanie ustalonym, tzn. gdy energia wewnętrzna układu nie zmienia się ($\Delta U = 0$), ciepło doprowadzone do układu jest w całości zamieniane na pracę wykonywaną przez ten układ;

lub

energia doprowadzona = energii wyprowadzonej z układu.

Zasady termodynamiki

II zasada termodynamiki

dotyczy **przepływu ciepła**

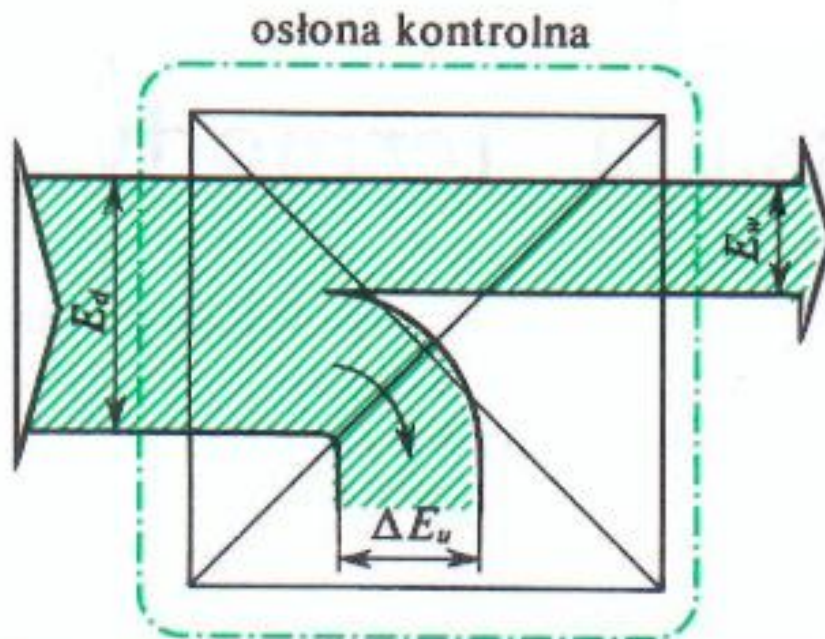
Ciepło jest samoczynnie przekazywane od ośrodka o temperaturze **wyższej**, do ośrodka o temperaturze **niższej**, przy czym ciepło to może zostać częściowo zamienione na pracę.

Żeby przekazać ciepło **od** ośrodka o temperaturze **niższej do** ośrodka o temperaturze **wyższej**, należy wykonać dodatkową pracę - nie może być samoczynnie przekazywane.

Zasady termodynamiki

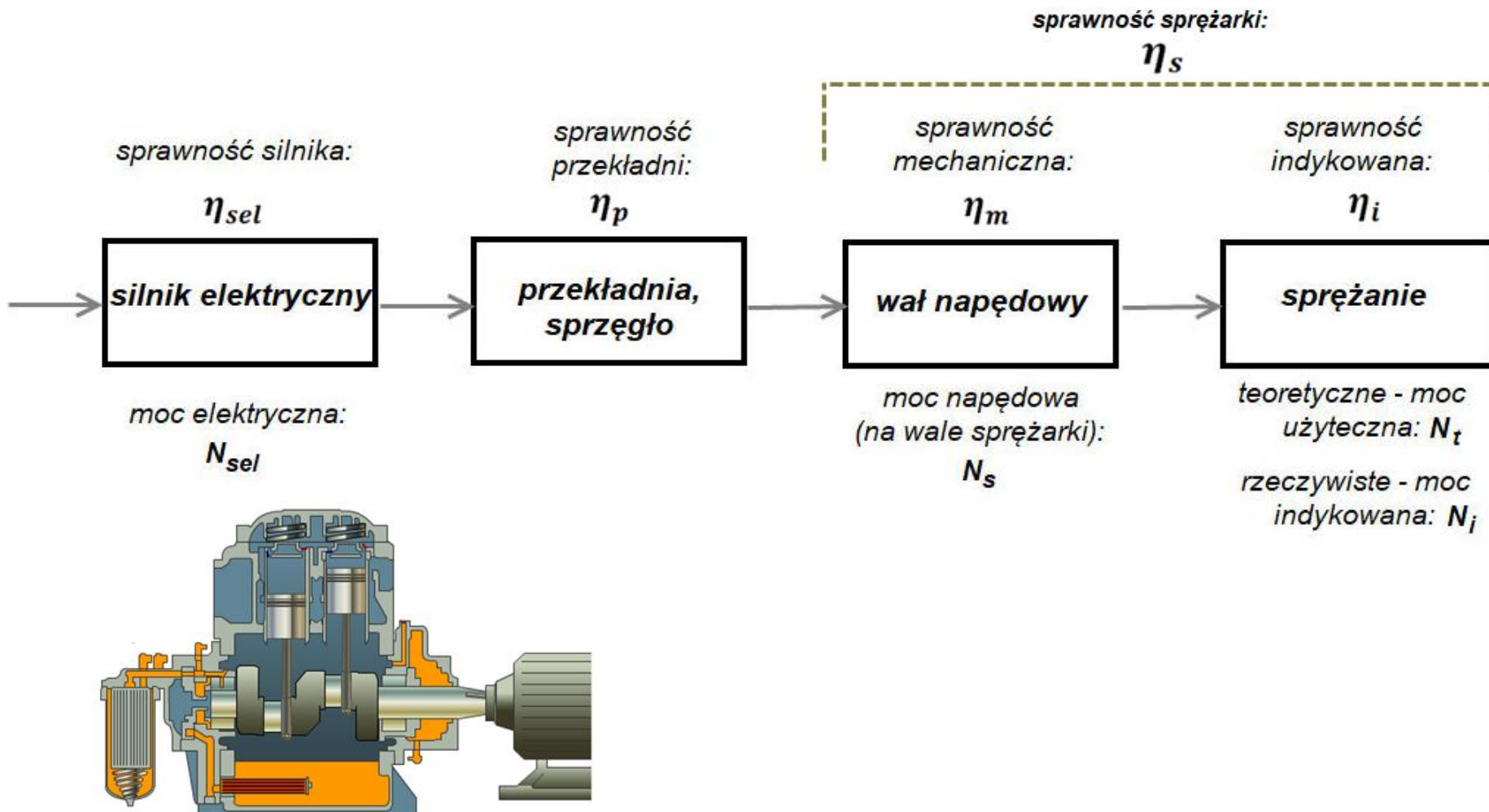
Wykres Sankeya (wykres strumieniowy)

Jest to graficzna (poglądowa) ilustracja np. bilansu energetycznego.



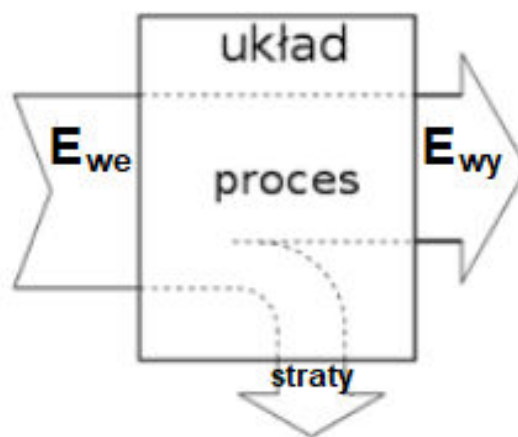
Rys. 3.1. Wykres Sankeya bilansu energii

Schemat blokowy



Sprawność – skalarna bezwymiarowa wielkość fizyczna, określająca w jakim stopniu w procesie przekształcana jest energia jednego rodzaju w energię w innego rodzaju.

Sprawność to stosunek ilości energii wychodzącej z procesu ($E_{wy} + \text{straty}$), do ilości energii wchodzącej do procesu (E_{we}).



Prościej:

Sprawność, jest to stosunek tego co otrzymujemy, do tego co wkładamy, oznaczamy: η (eta)

Sprawność zawsze < 100%

Kocioł gazowy, olejowy czy na paliwo stałe:

$$\eta = \frac{\text{ciepło grzewcze}}{\text{energia chemiczna paliwa}} \quad [-]$$

$$\text{Energia chemiczna paliwa: } Q_{pal} = p \cdot w_d$$

gdzie:

p – ilość paliwa [m³, kg, litr]

w_d – wartość opałowa paliwa [kWh/kg, kWh/m³]

Pompa ciepła:

$$\eta = \frac{\text{ciepło grzewcze}}{\text{energia z OZE} + \text{energia elektryczna}} \quad [-]$$

Moduł fotowoltaiczny (PV):

$$\eta = \frac{\text{energia elektryczna}}{\text{energia promieniowania słonecznego}} \quad [-]$$

Kolektor słoneczny:

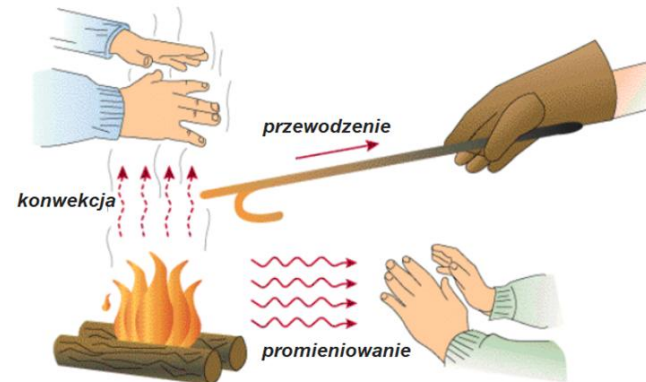
$$\eta = \frac{\text{ciepło grzewcze}}{\text{energia promieniowania słonecznego}} \quad [-]$$

Transportowanie ciepła

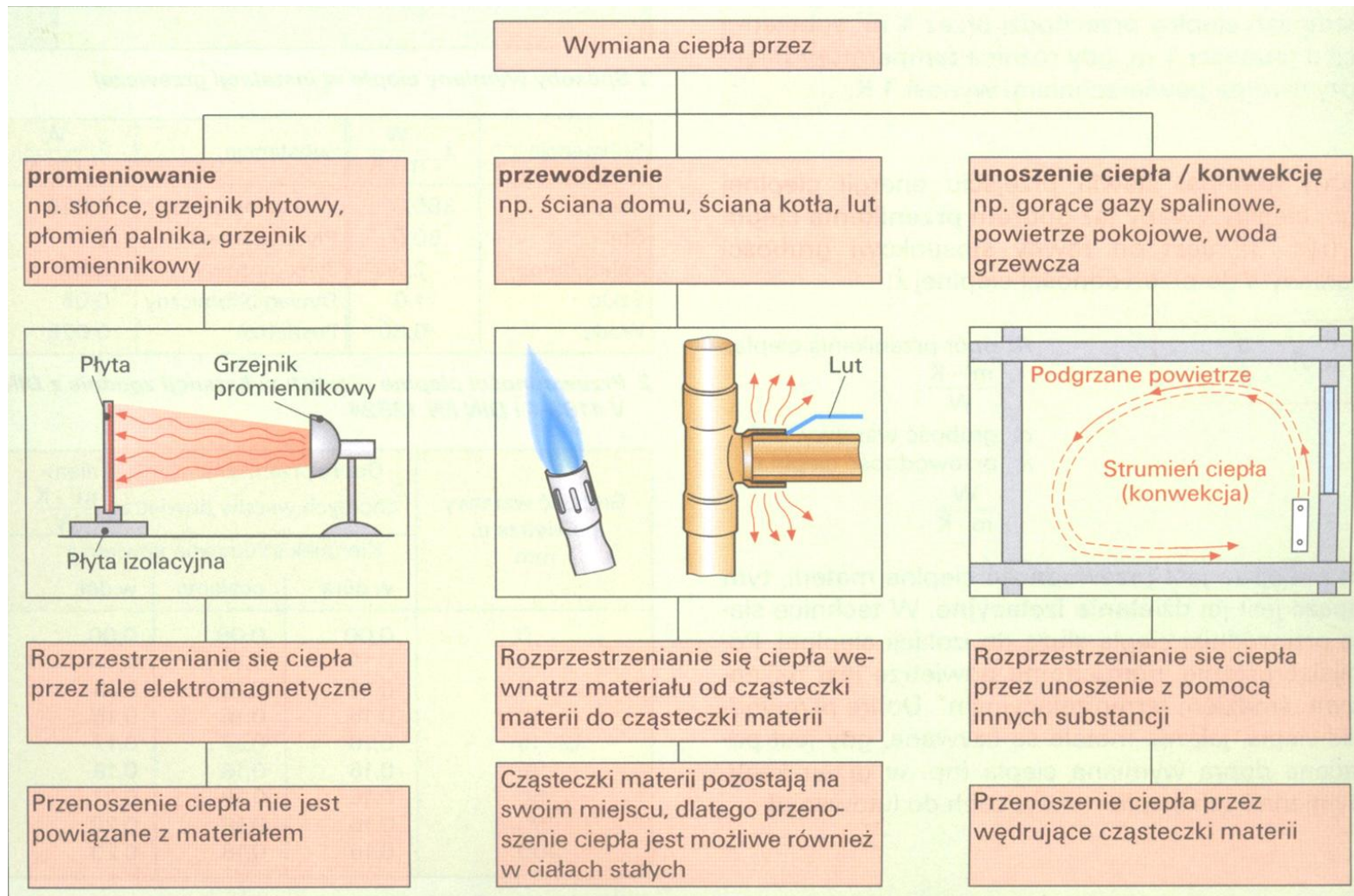
Transportowanie ciepła może być realizowane przez:

- przewodzenie
- konwekcję
- promieniowanie

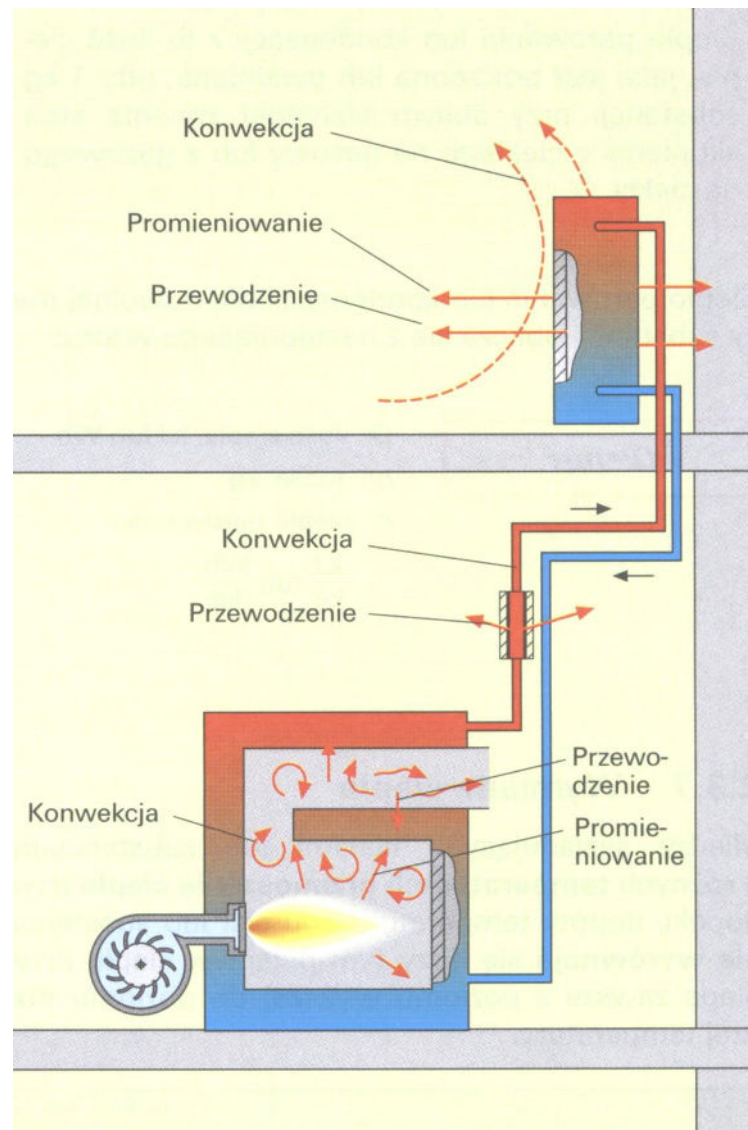
W technice, wszystkie wymienione sposoby transportowania ciepła mogą zachodzić oddzielnie lub równocześnie.



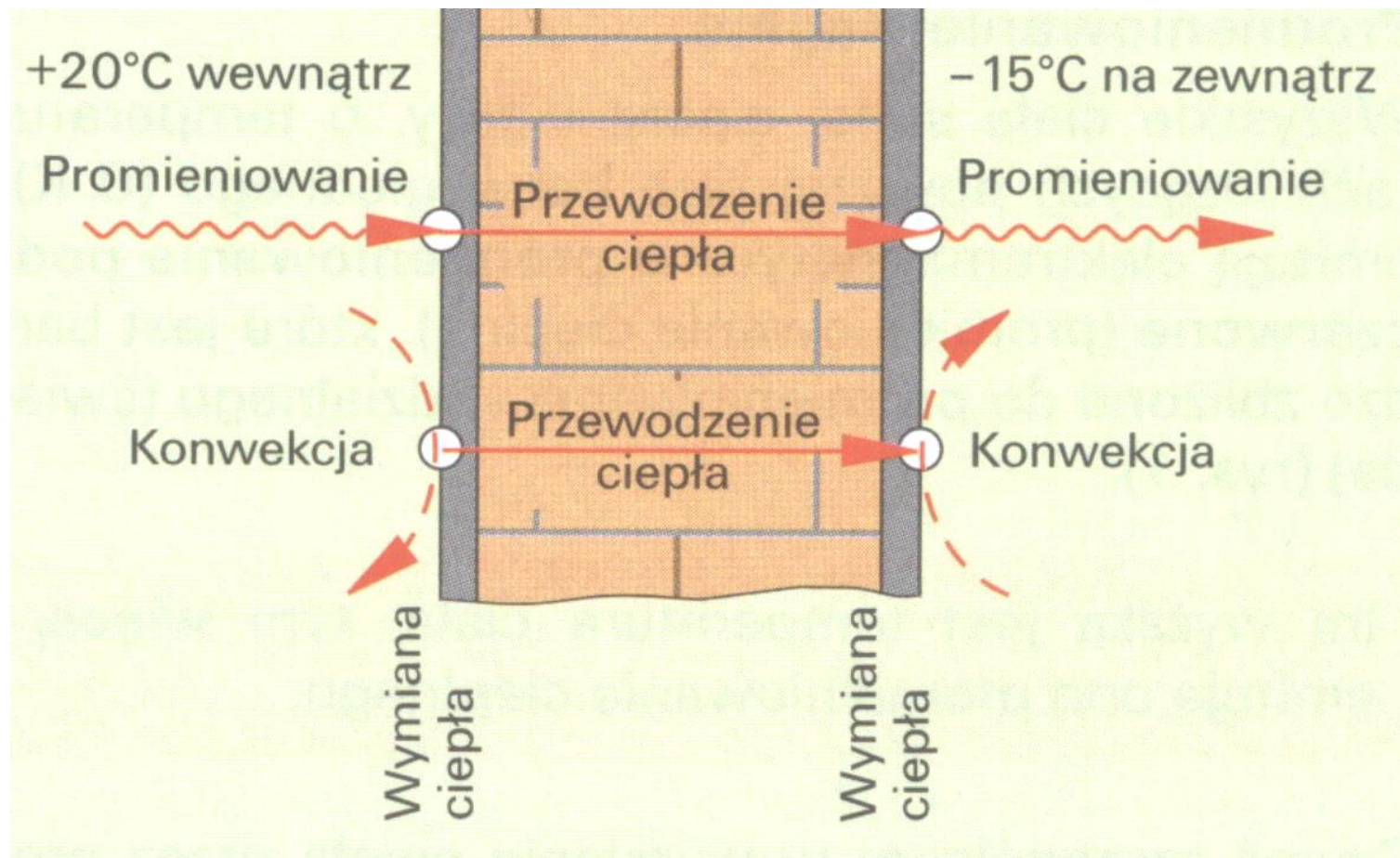
Sposoby wymiany ciepła



Sposoby wymiany ciepła w instalacji grzewczej

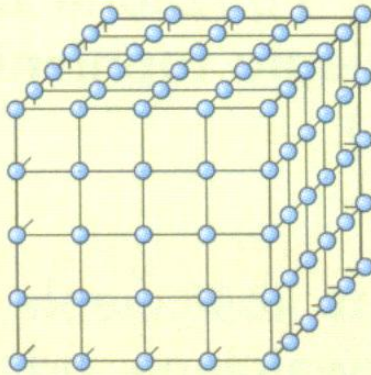


Przechodzenie ciepła przez ścianę



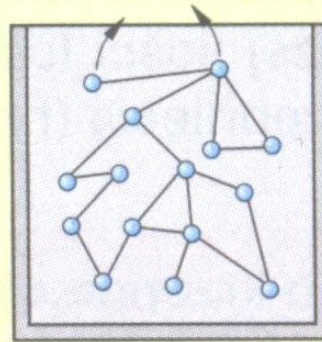
Zmiany stanu skupienia

Stan skupienia materii zależy od sił wiązania między poszczególnymi cząsteczkami oraz od ich energii ruchowej. Wyróżniamy trzy stany skupienia: **stały**, **ciekły** i **gazowy**.



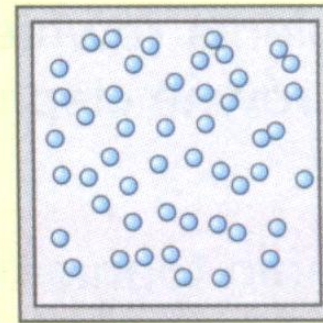
stały

Siły wiążące między cząsteczkami lub atomami są duże. Cząsteczki są ułożone w sieci przestrzennej.



ciekły

Siły wiążące między cząsteczkami są znikome. Brak struktury sieci. Wymagany jest zbiornik.

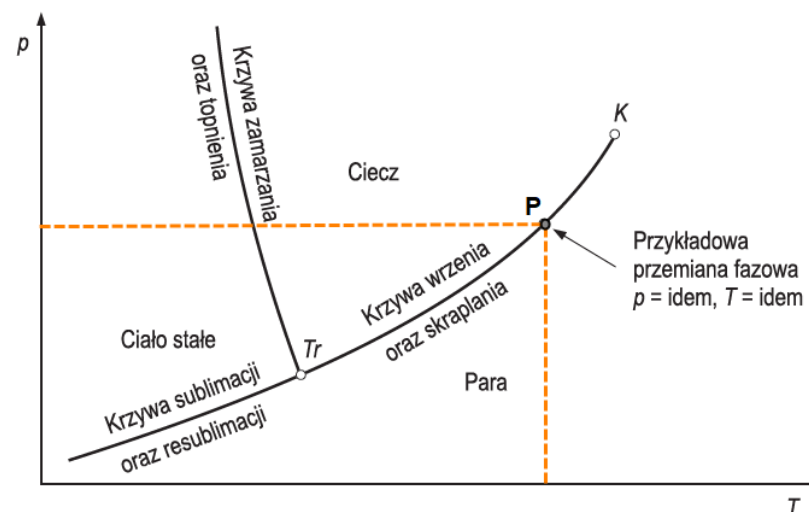


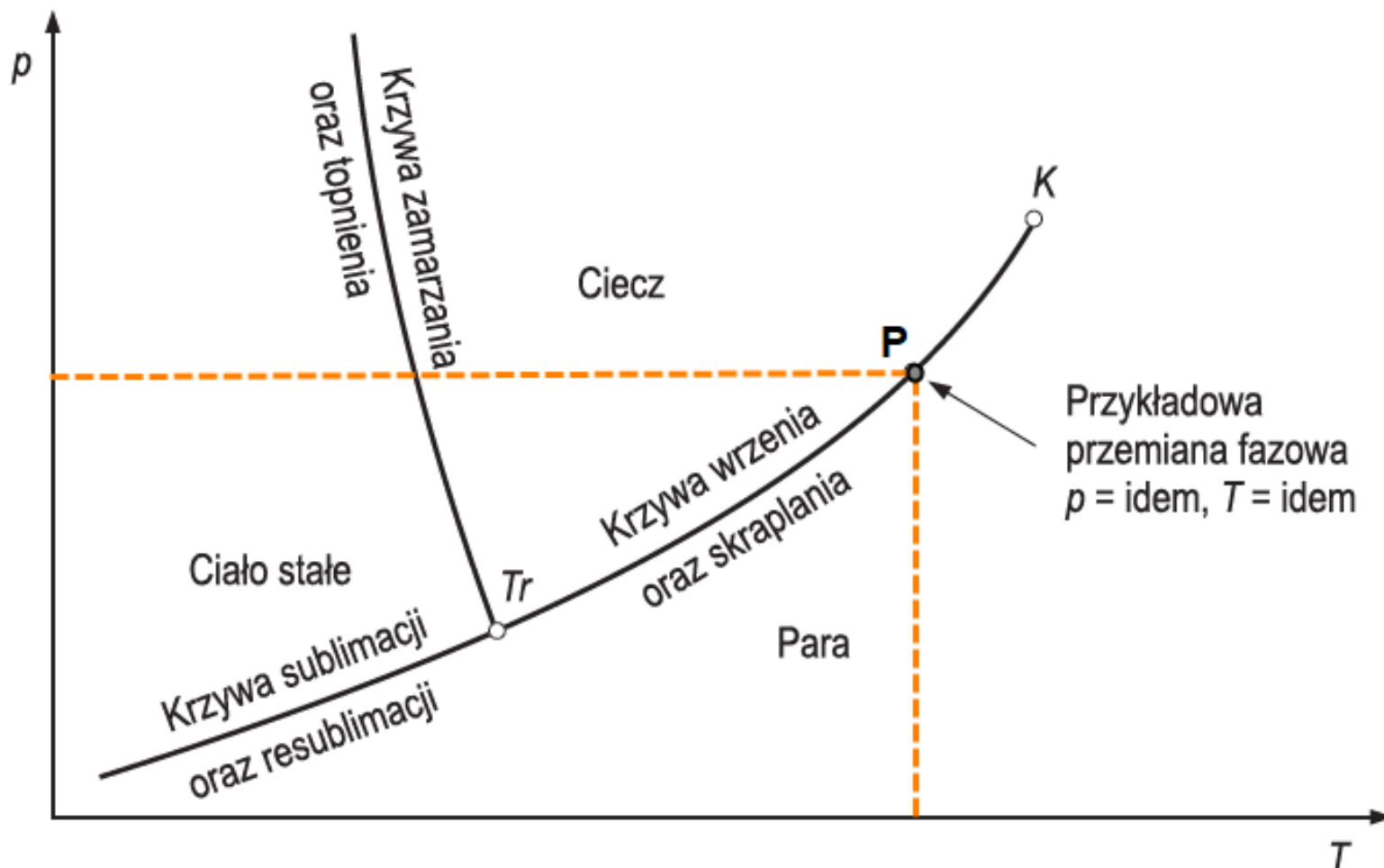
gazowy

Brak sił wiążących między cząsteczkami. Cząsteczki poruszają się swobodnie. Wymagany jest zbiornik zamknięty.

W zależności od tego czy dostarczamy ciepło do czynnika, czy odbieramy od niego ciepło, może on zmieniać stan skupienia – przechodzić z jednego stanu w drugi, tzw. **przemiany fazowe**.

Przemiany fazowe, związane ze zmianą stanu skupienia, obrazuje wykres na następnej stronie, na którym przemiany fazowe przedstawione są jako punkty – przykładowy punkt oznaczono jako „P”.

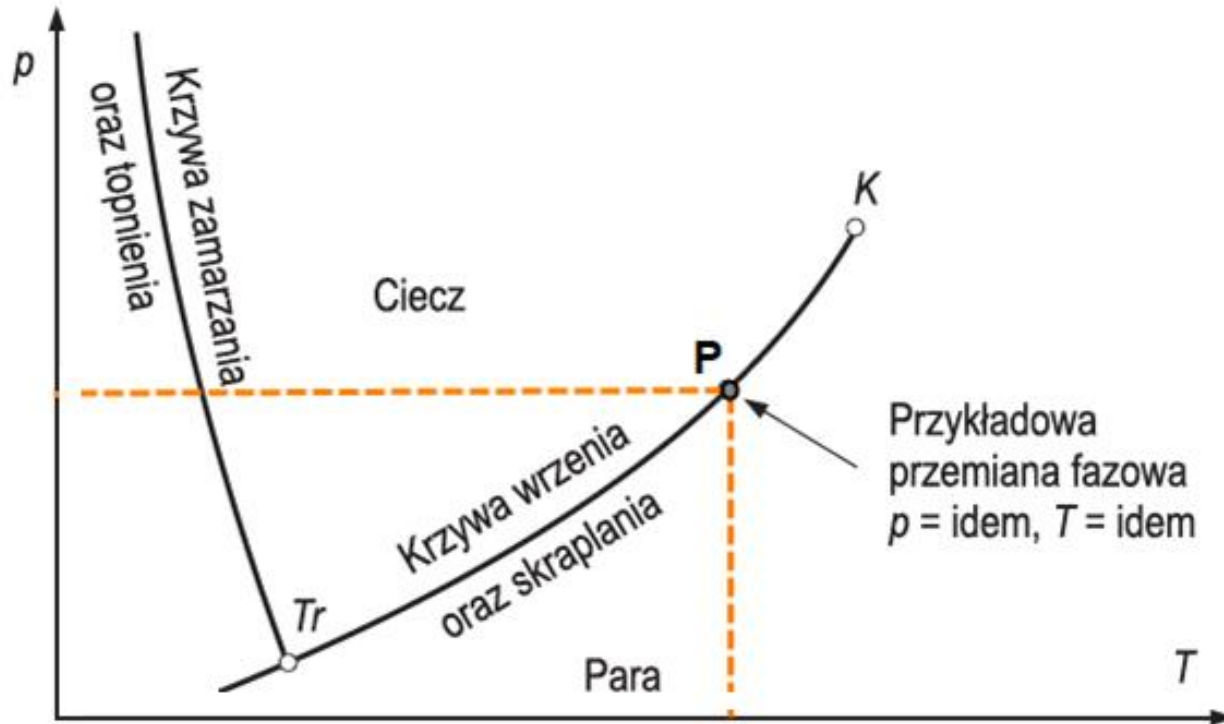




Rys. Przemiany fazowe czynnika w układzie współrzędnych p - T (ciśnienie–temperatura).

Zmiany stanu skupienia

W przykładowym punkcie „P” zachodzi wrzenie lub skraplanie czynnika, w zależności od tego czy do czynnika dostarczamy ciepło, czy ciepło jest od niego odbierane; przy stałej temperaturze i ciśnieniu.

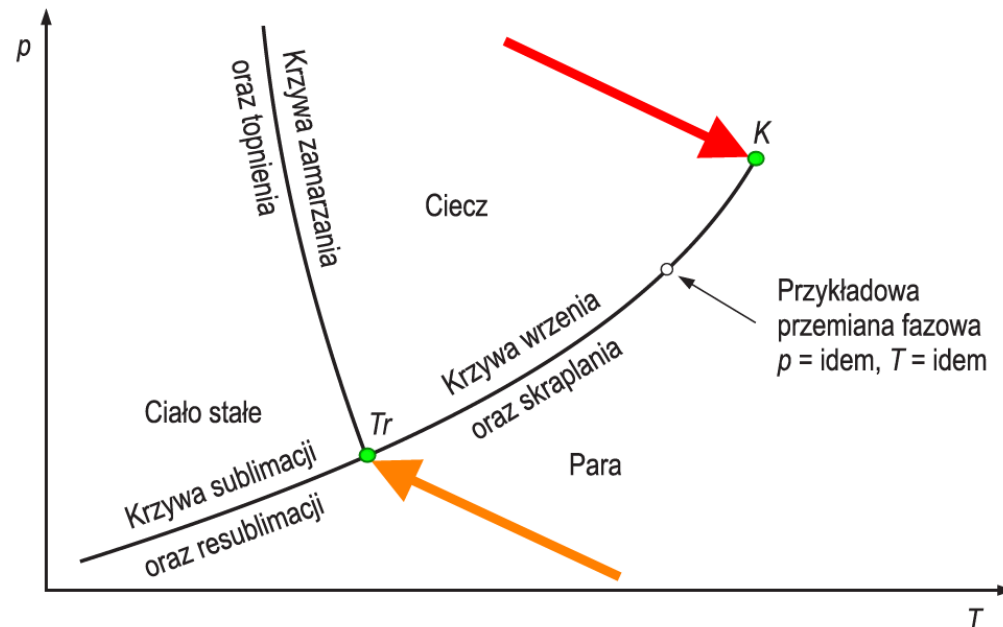


Zmiany stanu skupienia

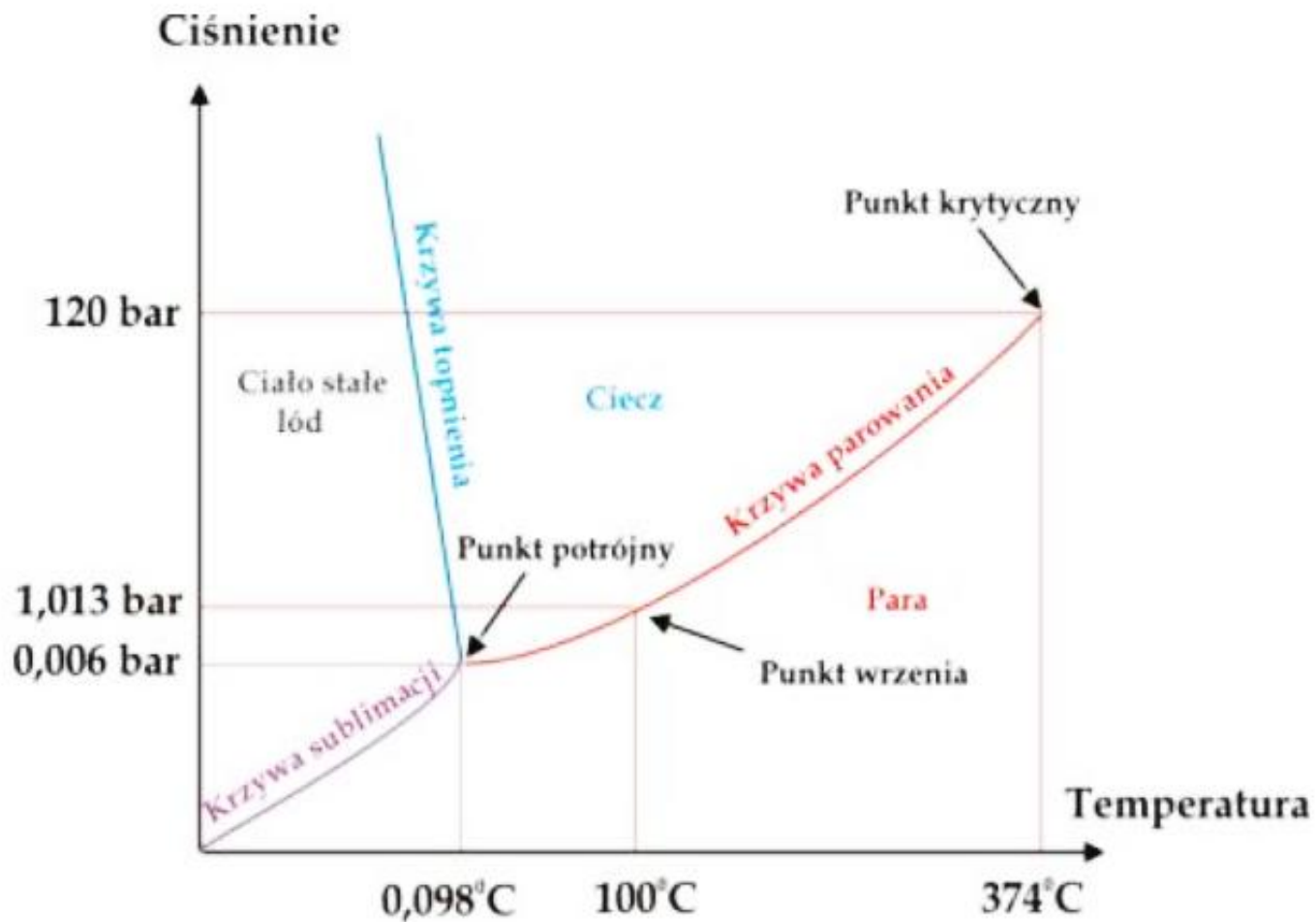
Punkt potrójny (T_r) – określa stan, w którym czynnik będący w stanie równowagi termodynamicznej występuje we wszystkich trzech stanach skupienia (stałym, ciekłym i gazowym).

Punkt krytyczny (K) – jest stanem, powyżej którego proces skraplania nie jest możliwy.

W punkcie krytycznym zanika różnica między cieczą i parą.



Przemiany fazowe wody na wykresie ciśnienie-temperatura (p-t).



Resublimacyjna pompa ciepła:



Resublimacyjna pompa ciepła:



Zmiany stanu skupienia

Zapamiętaj. Temperatura wrzenia i kondensacji danej substancji zależy od ciśnienia.

Im niższe ciśnienie, tym niższa temperatura wrzenia danej substancji.

Przykład. Woda, ciśnienie atmosferyczne ($p_a = \text{ok. } 1 \text{ bar}$):

Temperatura wrzenia: 100°C

Temperatura kondensacji: 100°C

Dla porównania... Czynnik chłodniczy R134A przy ciśnieniu atmosferycznym **1 bar**:

Temperatura wrzenia: $-26,3^\circ\text{C}$

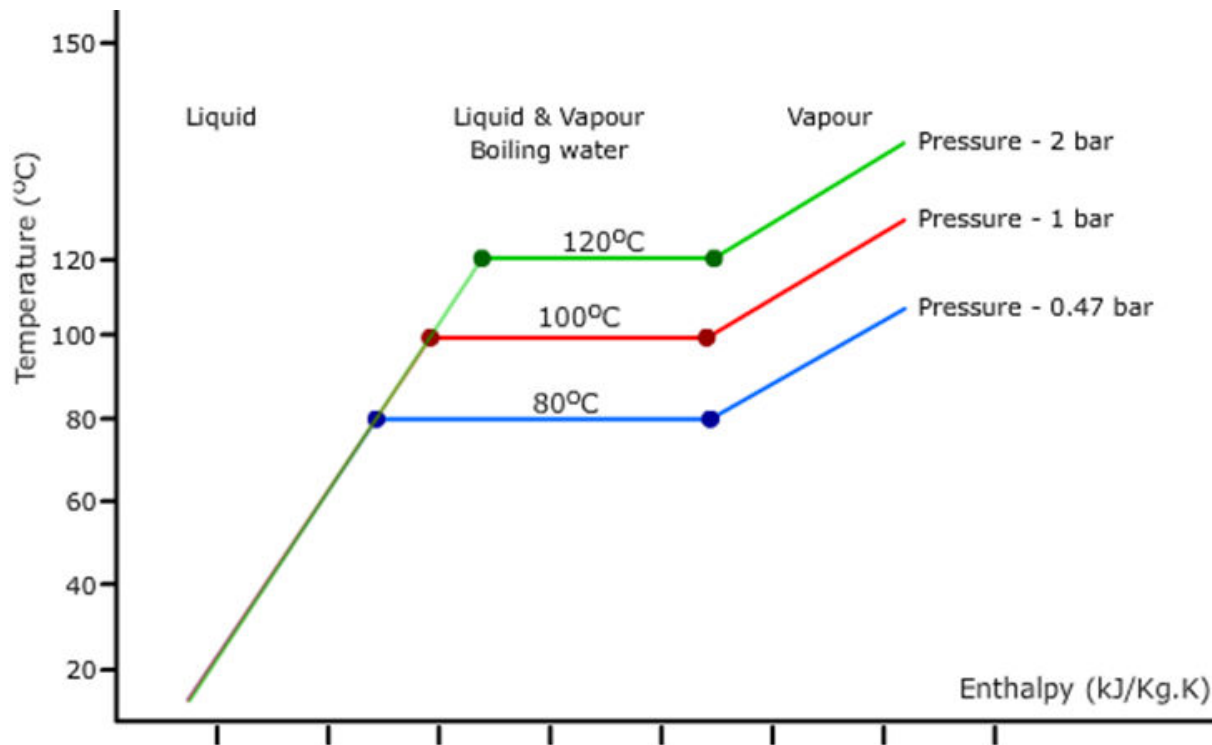
Zmiany stanu skupienia

Przykład; c.d.

Woda, ciśnienie atmosferyczne ($p_a = \text{ok. } 1 \text{ bar}$):

Temperatura wrzenia: 100°C

Temperatura kondensacji: 100°C



Rys. Temperatura wrzenia/kondensacji wody w zależności od ciśnienia.

Zmiany stanu skupienia

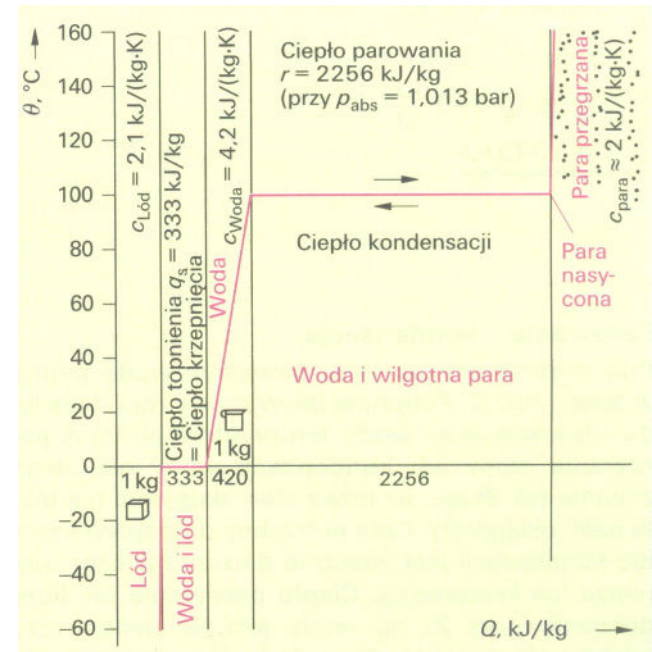
Zmiany stanu skupienia

Przy danym i stałym ciśnieniu, zmiana stanu skupienia każdej substancji następuje zawsze przy niezmiennej temperaturze, charakterystycznej dla danej substancji.

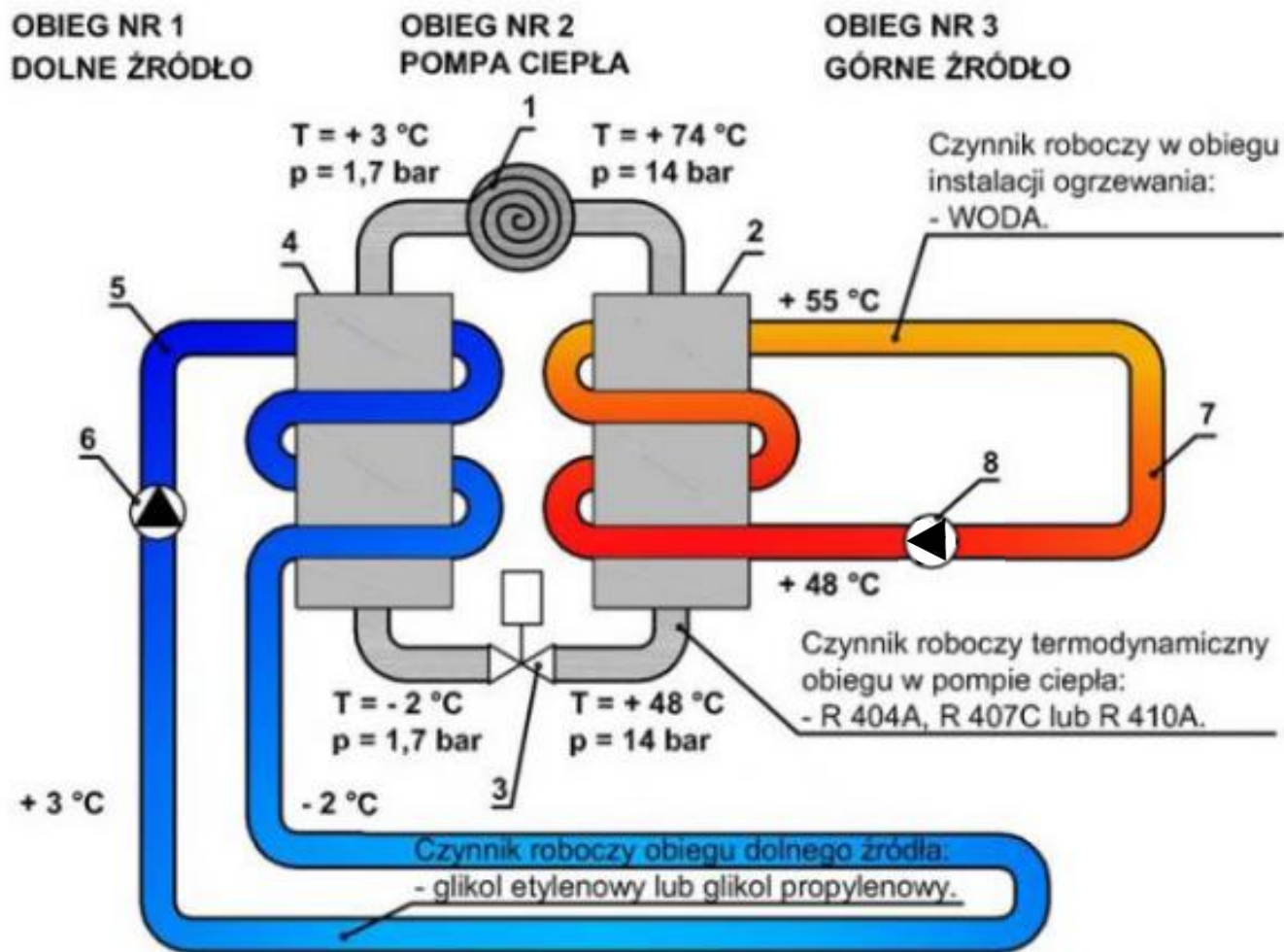
Temperatura wrzenia przy danym ciśnieniu zależy od danej substancji i jest stała. To znaczy, proces wrzenia występuje przy stałej temperaturze.

Doprowadzając energię:
ciało stałe → ciecz → para

Uwolnienie ciepła (odbieranie):
gaz → ciecz → stan stały



Zasada działania pompy ciepła



Zmiany stanu skupienia

Ogrzewanie „lodem”

Zasobnik lodu - wykorzystuje zmianę faz do gromadzenia ciepła (magazynowania ciepła), po stronie pierwotnej pompy ciepła. Rozwiązanie opatentowane przez Skorupa Energy Technic, Dobrodzień, woj. opolskie: www.solareis.pl

Więcej – plik PDF: https://www.viessmann.edu.pl/wp-content/uploads/PC_Zalacznik_Ogrzewanie_lodem_.pdf

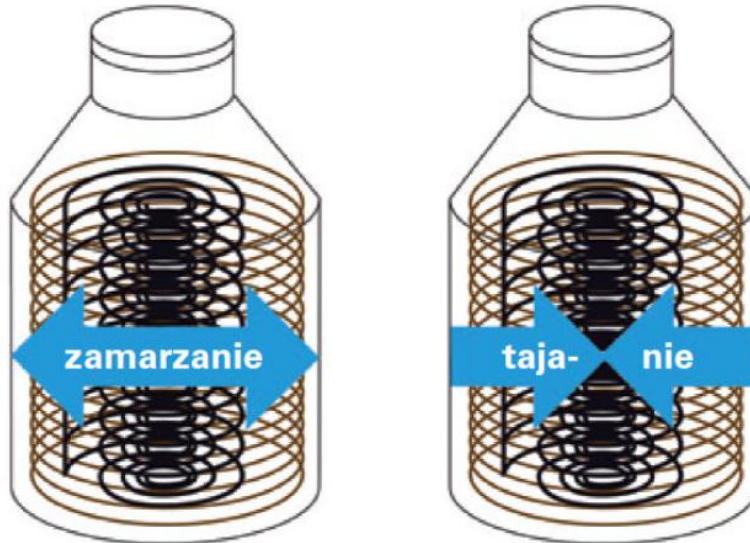


pojemność
zasobnika: 10 m³
(10.000 l),

średnica 2,5 m,
wysokość 3,56 m

Zdj. Zasobnik ciepła - wykorzystanie przemiany fazowej wody w lód jako źródło ciepła

Ogrzewanie „lodem”



Ogrzewanie „lodem”

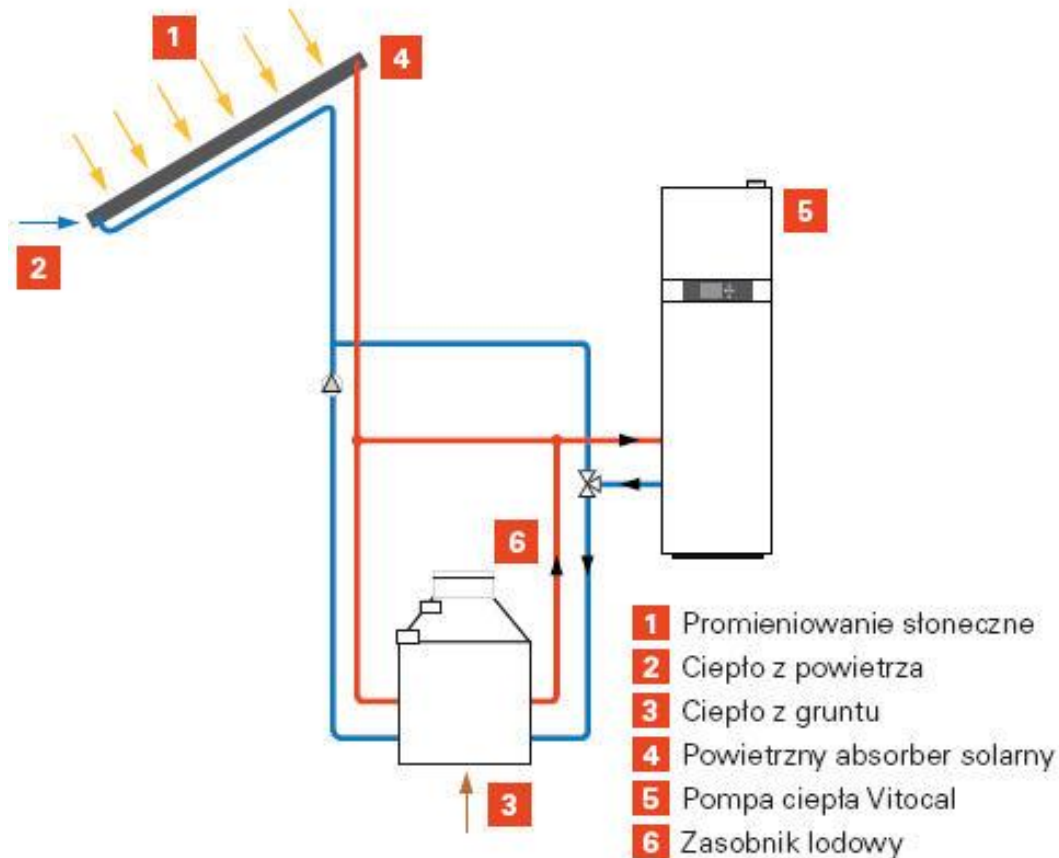


Zdj. Oblodzone węzownice w zasobniku lodu.



Zmiany stanu skupienia

Ogrzewanie „lodem”; c.d.



Rys. Schemat ideowy pompy ciepła z zasobnikiem lodu.

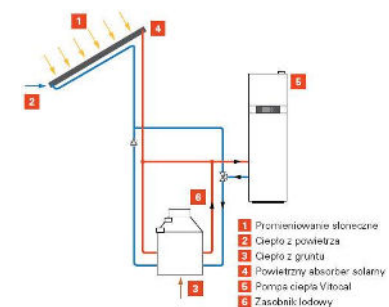
Regeneracja:

- powietrze atmosferyczne
- promieniowanie słoneczne
- ciepło gruntu

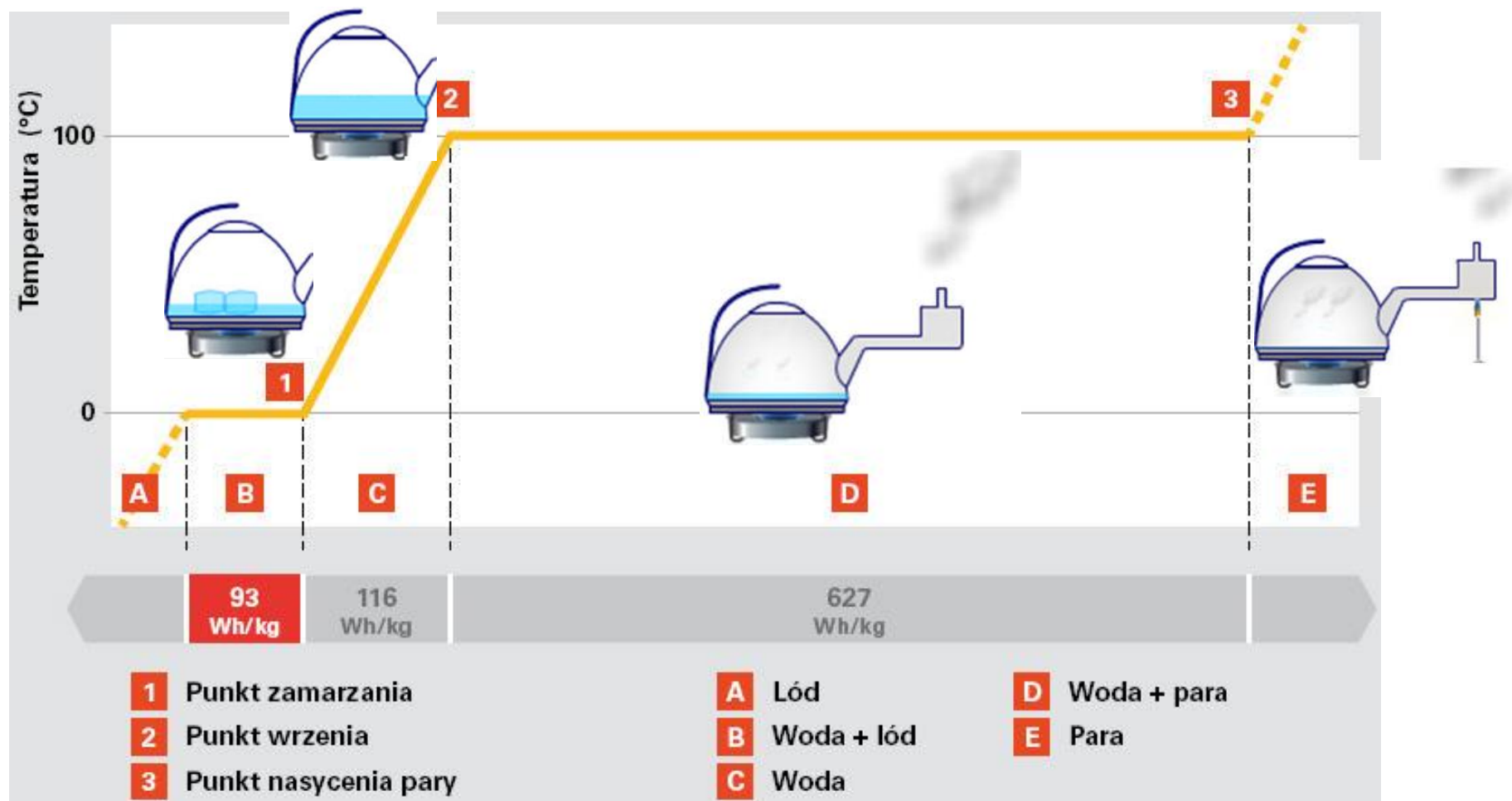
Ogrzewanie „lodem”; c.d.



Zdj. Powietrzno-solarny wymiennik ciepła.

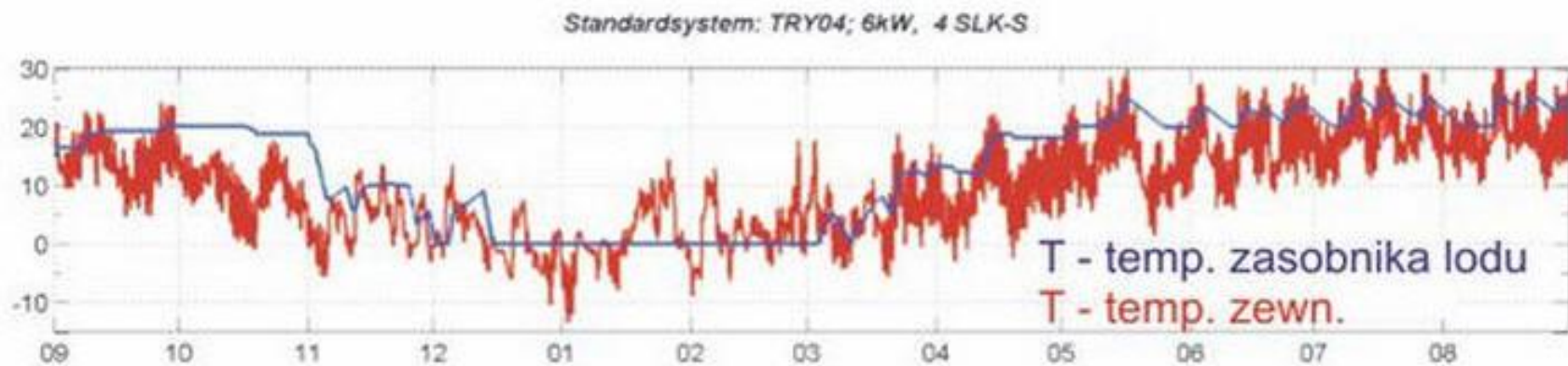


Ogrzewanie „lodem”; c.d.



Zdj. Zasobnik ciepła - wykorzystanie przemiany fazowej wody w lód jako źródło ciepła

Ogrzewanie „lodem”; c.d.



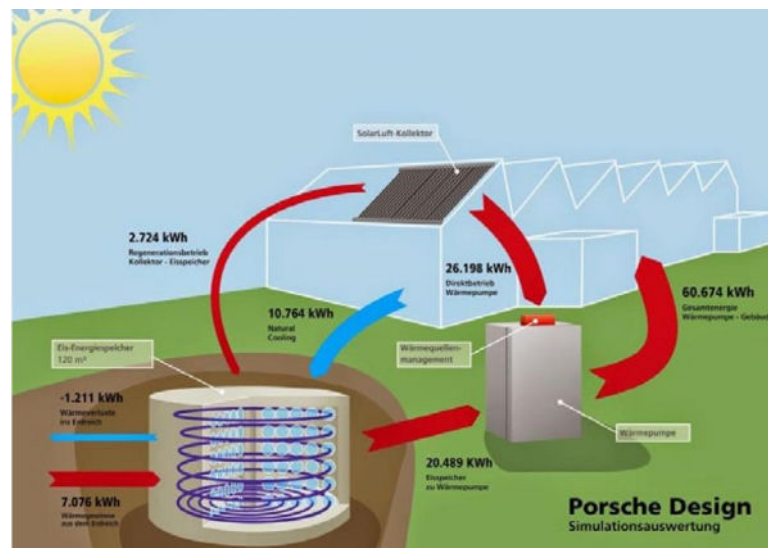
Rys. Rozkład temperatur zasobnik lodu w pracującej instalacji

Ogrzewanie „lodem”; **c.d.**

Przykładowa instalacja

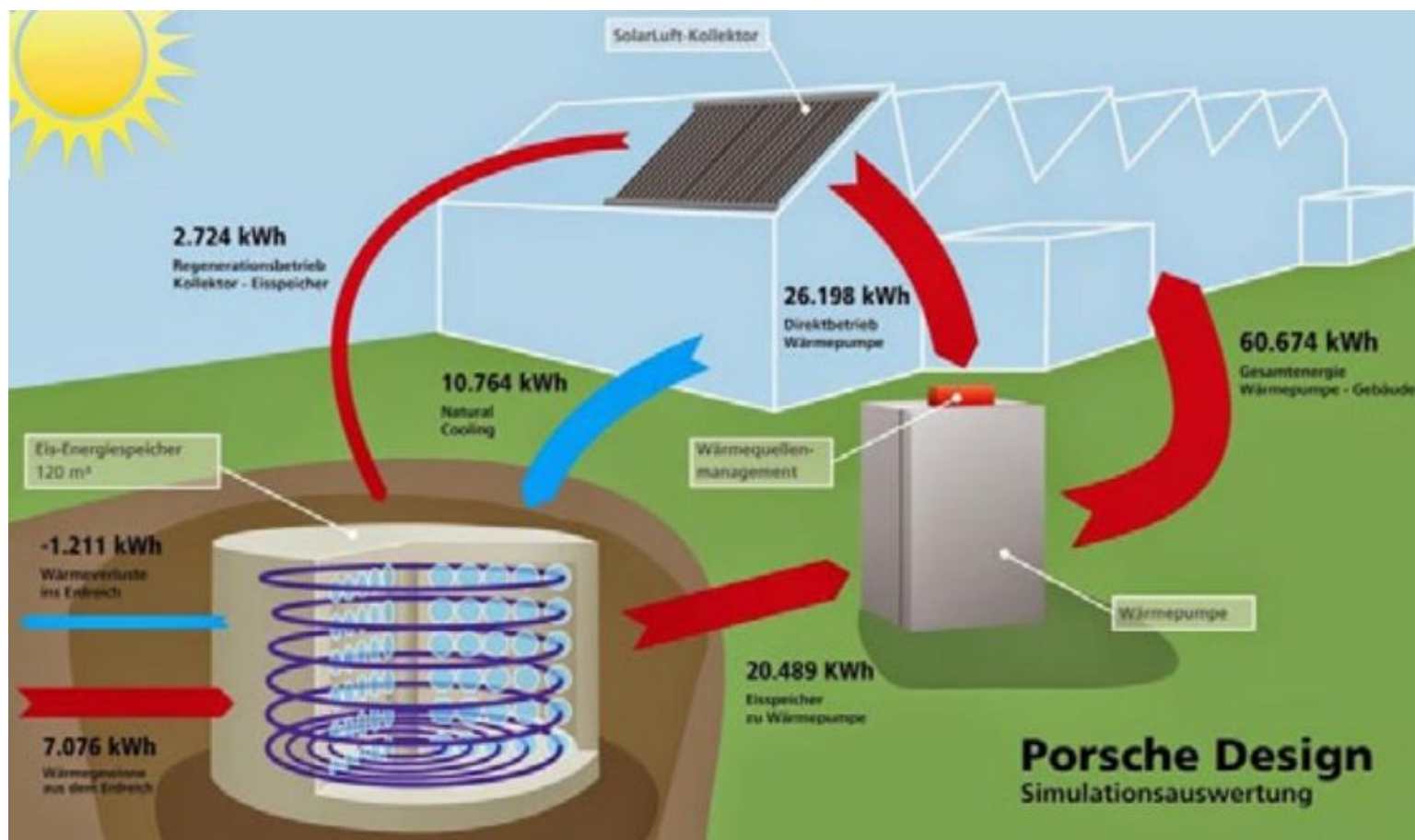
Budynek biurowy firmy Porsche Design, Ludwigsburg, Niemcy:

- moc grzewcza pompy ciepła Vitocal 300-G: 29 kW (B0/W35)
- wydajność chłodnicza: 23 kW



Ogrzewanie „lodem”; c.d.

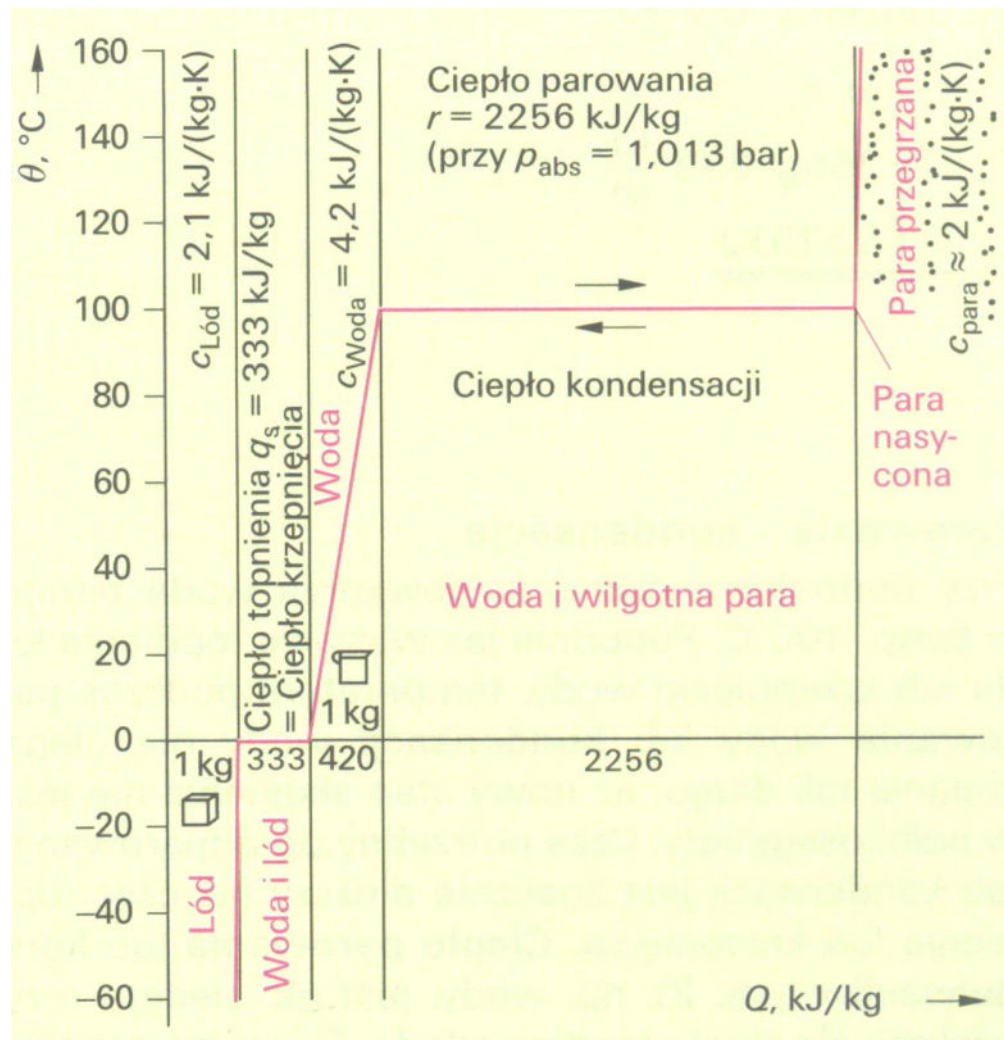
Przykładowa instalacja; c.d. Roczny bilans energii.



Zmiany stanu skupienia wody przy ciśnieniu atmosferycznym

Doprowadzając energię:
ciało stałe → ciecz → para

Uwolnienie ciepła (odbieranie):
gaz → ciecz → stan stały



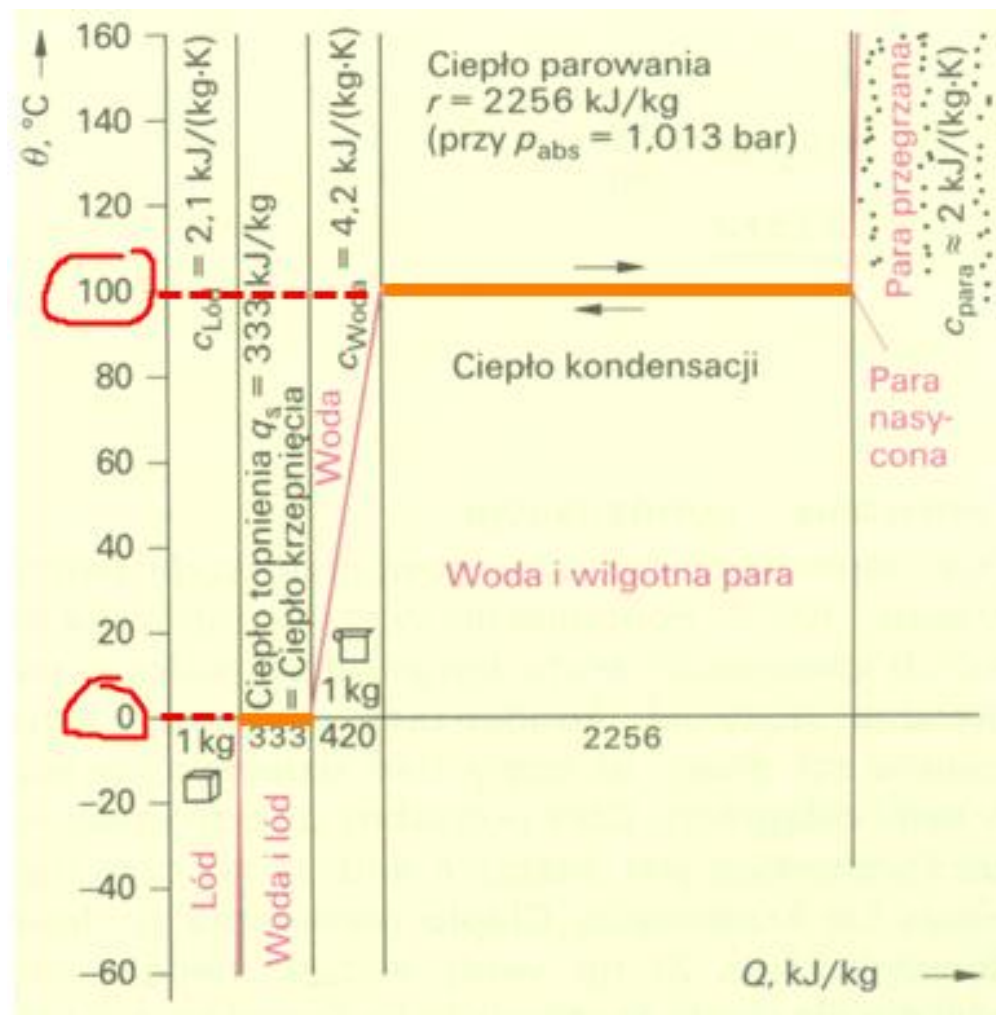
Zmiany stanu skupienia wody przy ciśnieniu atmosferycznym

Temperatura wrzenia/kondensacji:

100°C

Temperatura zamarzania/topnienia:

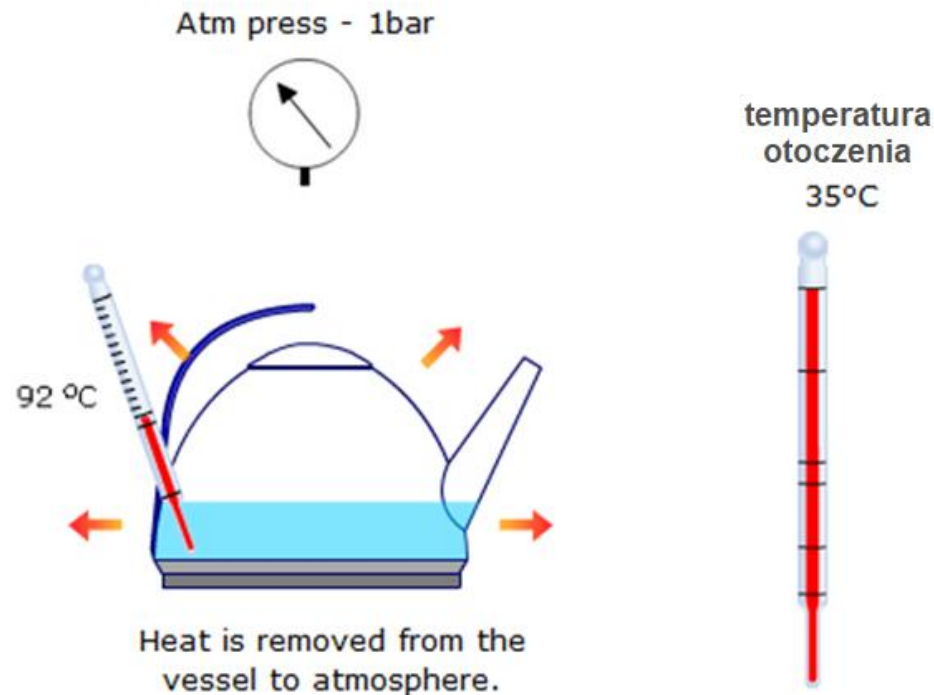
0°C



ZAPAMIĘTAJ...

Straty ciepła i energii występują w każdym procesie - zawsze.

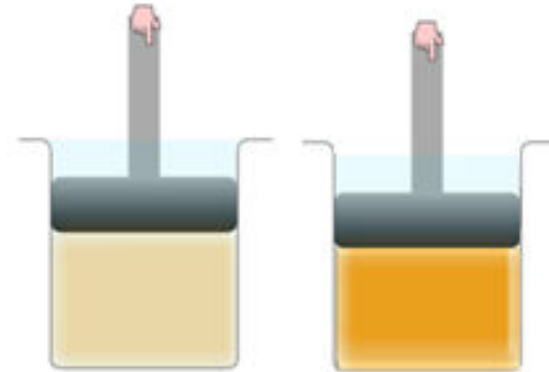
Na przykład: przy wymianie ciepła, konwersji energii, przy pracy mechanicznej, itd.



ZAPAMIĘTAJ...

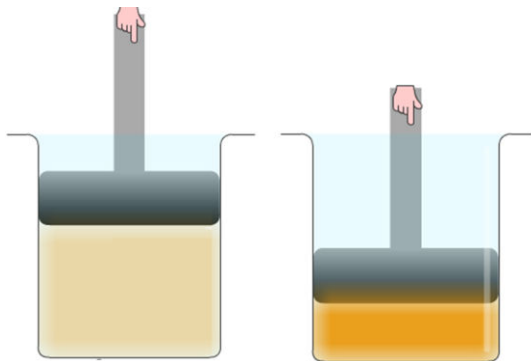
Ciecze traktujemy jako nieściśliwe.

Nie zmieniają objętości podczas sprężania, lub w minimalnym stopniu.



Gazy są ściśliwe.

Zmieniają swoją objętość podczas sprężania.



ZAPAMIĘTAJ...

Substancje zawierają **energię cieplną**, aż do temperatury **zera bezwzględnego** (zera absolutnego), tj. do temperatury:

$$0 \text{ [K]} \text{ lub: } -273,15 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

Przykład. Pompa ciepła powietrze-woda, może pobierać ciepło z powietrza atmosferycznego o temperaturze -20°C , i dostarczać użyteczne ciepło grzewcze o temperaturze np. 45°C .

Uwaga ! Należy sprawdzić czy praca pompy ciepła przy takich temperaturach będzie uzasadniona ekonomicznie.

W niskiej klasy urządzeniach i przy pracy w niskich temperaturach powietrza pompa ciepła może zużywać więcej energii elektrycznej niż zwykła grzałka elektryczna !

Dziękuję za uwagę...

Wykład wprowadzający:

Podstawy energetyki cieplnej, część 1

mgr inż. Krzysztof Gnyra

tel. 602 231 407

e-mail: krzysztof@viessmann.edu.pl

