

Wymienniki ciepła

- Wymiennik poprzeczNOPrądowy
- Wymiennik przeciwpRądowy
- Wymiennik współpRądowy
- Parowacz
- Skraplacz
- Paliwa chemiczna
- Własności paliw chemicznych

Wymienniki ciepła

Wymienniki ciepła są urządzeniami, w których realizowana jest wymiana ciepła między dwoma płynami przez ściankę stałą. Warunkiem wymiany ciepła oprócz różnicy temperatur płynów jest ruch płynów względem ścianki stałej

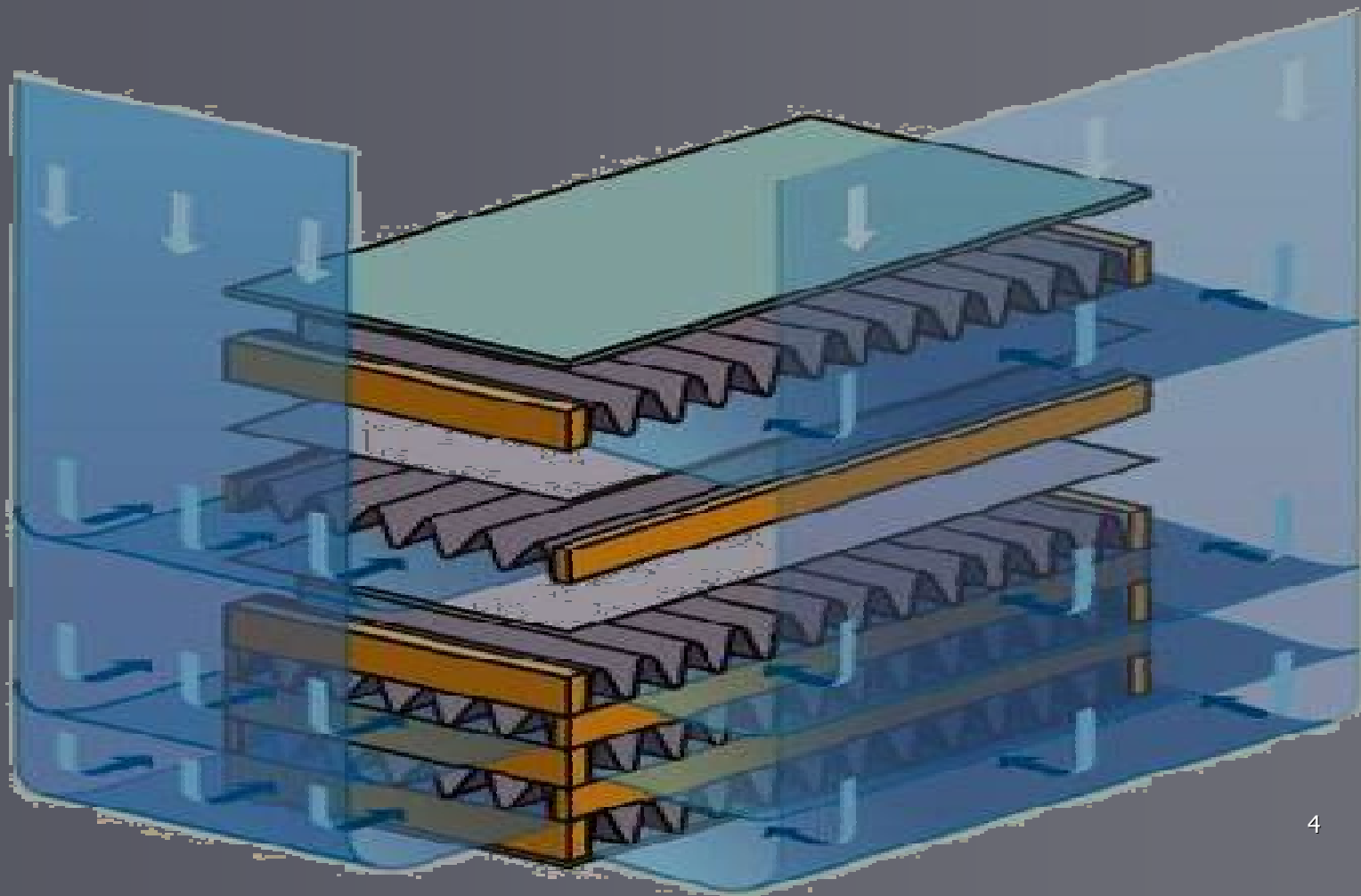
Wymienniki ciepła

- Ze względu na kierunek ruchu płynów względem siebie rozróżniamy:
- wymienniki współprądowe
- wymienniki przeciwprądowe
- wymienniki poprzeczoprądowe.

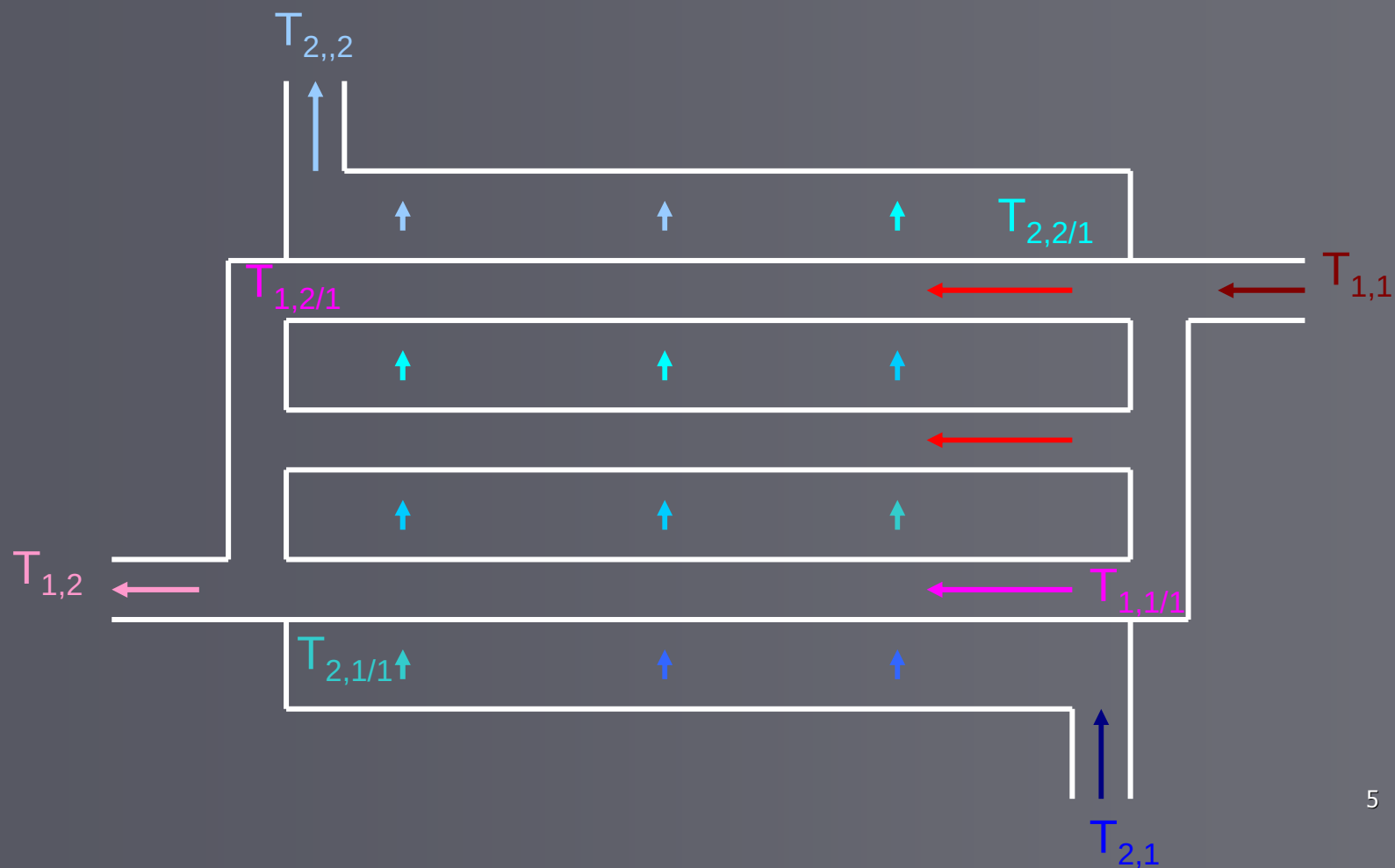
w11

Wymienniki ciepła

Termodynamika techniczna



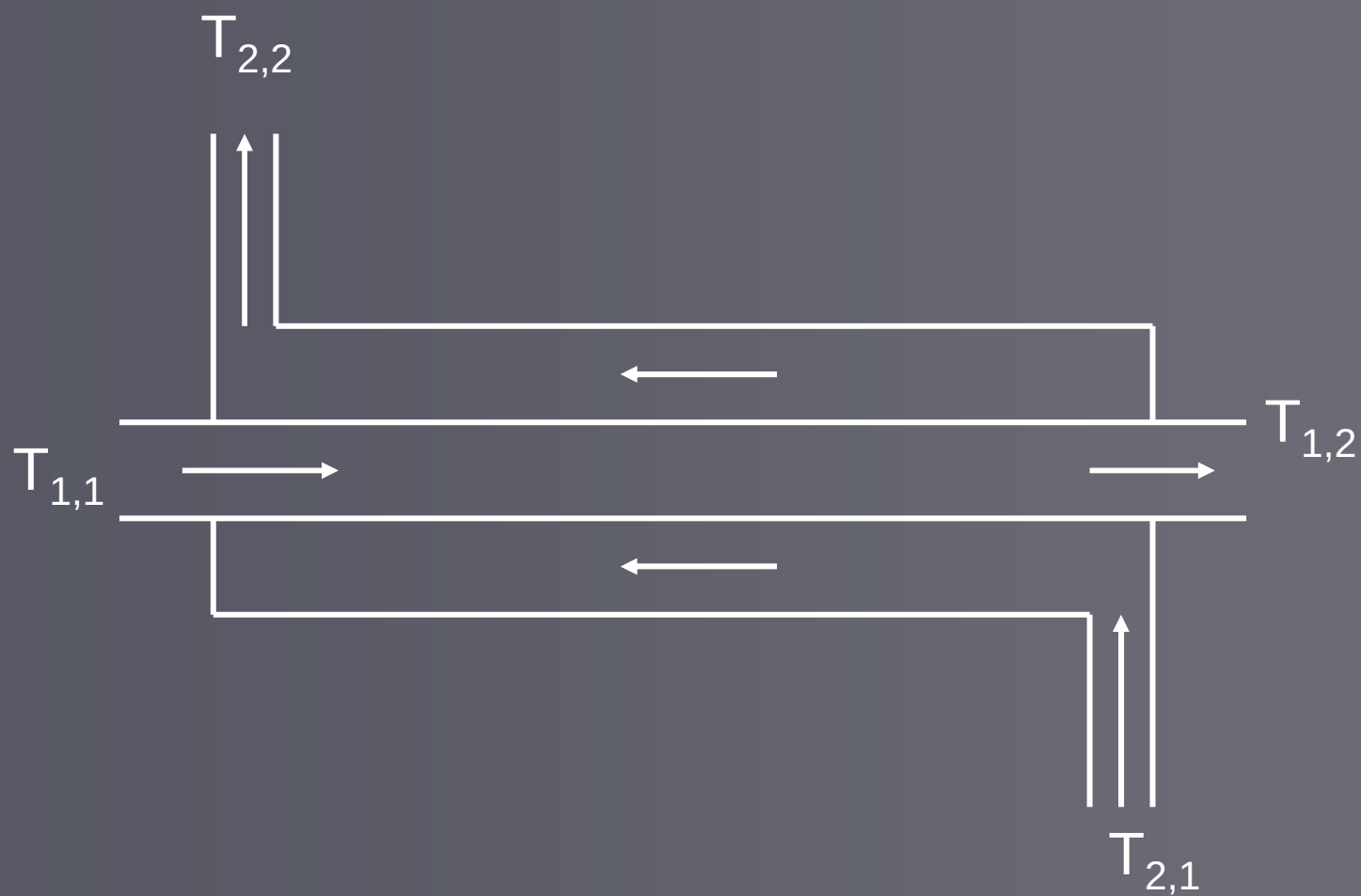
Wymienniki ciepła



Wymienniki ciepła

- Dla wymiennika poprzecznaprądowego występują temperatury pośrednie, wynikające z wymiany ciepła płynów częściowo ogrzanych ($T_{2,1/1}$ i $T_{2,2/1}$) i częściowo schłodzonych ($T_{1,1/1}$ i $T_{1,2/1}$)
- Zmniejsza to intensywność wymiany ciepła i zmienia temperaturę ścianki
- W zależności od rzeczywistej różnicy temperatur najwyższa temperatura ścianki może wystąpić dla temperatury $T_{1,1}$ lub $T_{1,1/1}$

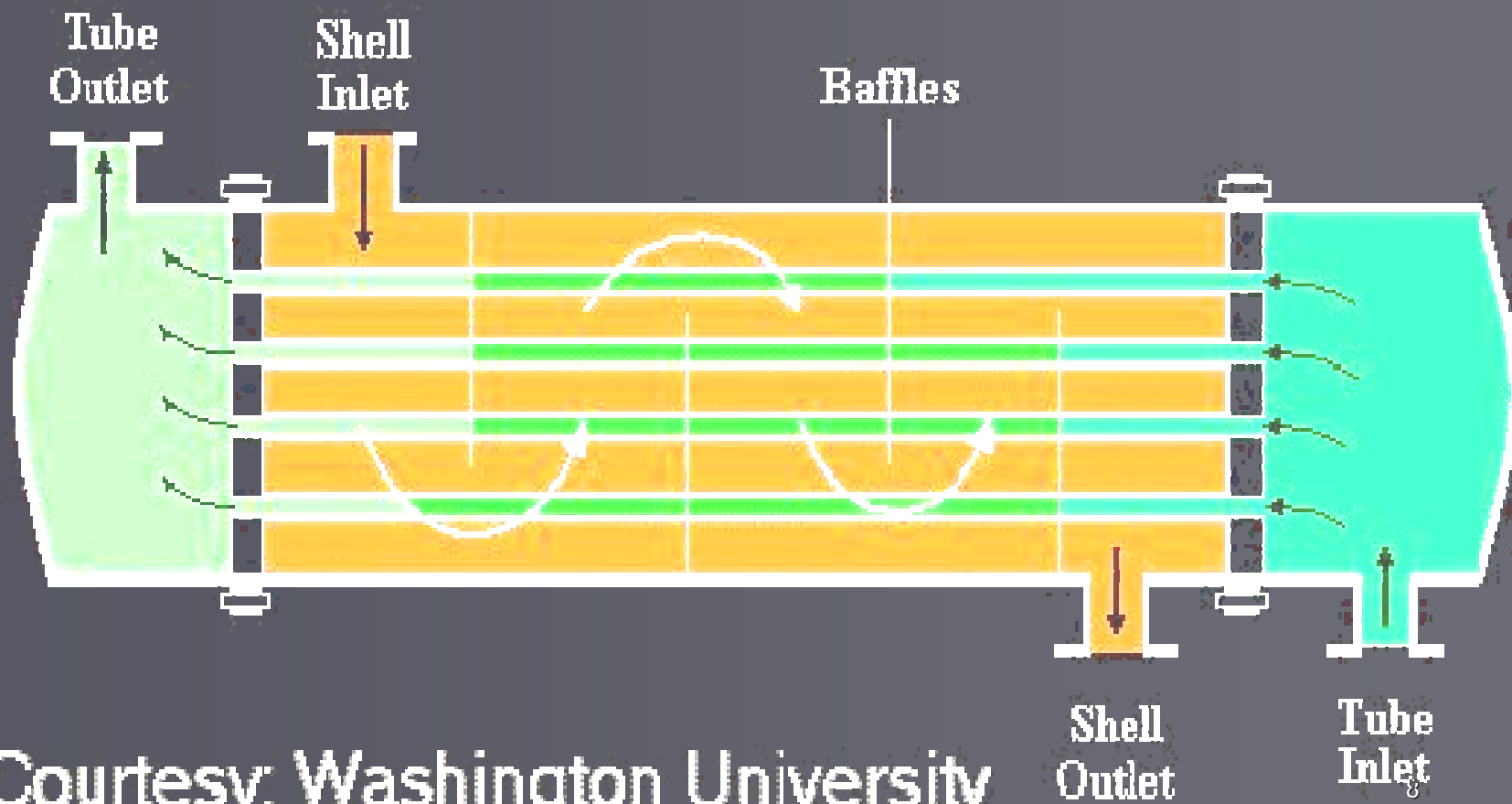
Wymienniki ciepła



w11

Wymienniki ciepła

Termodynamika techniczna

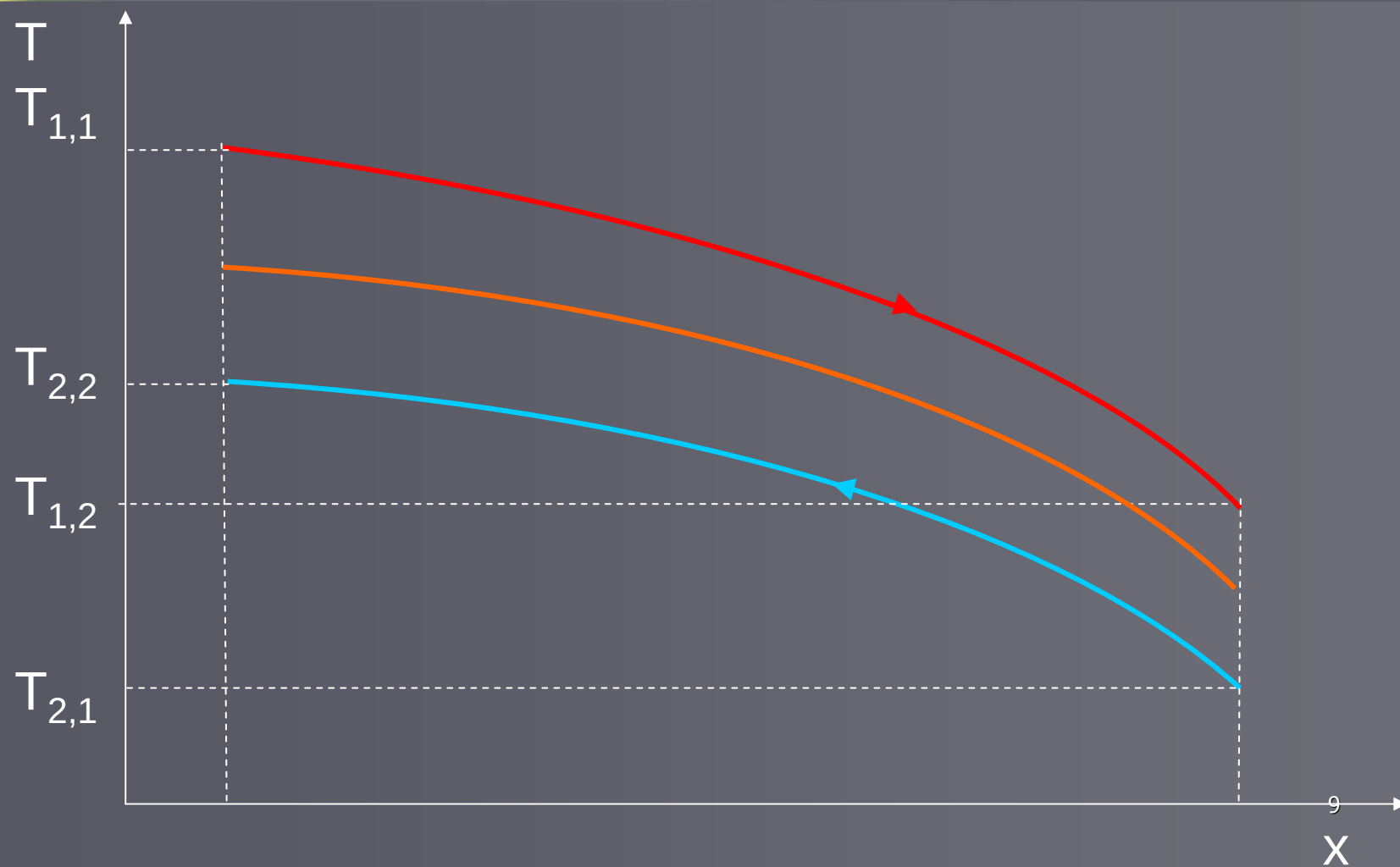


Courtesy: Washington University

w11

Wymienniki ciepła

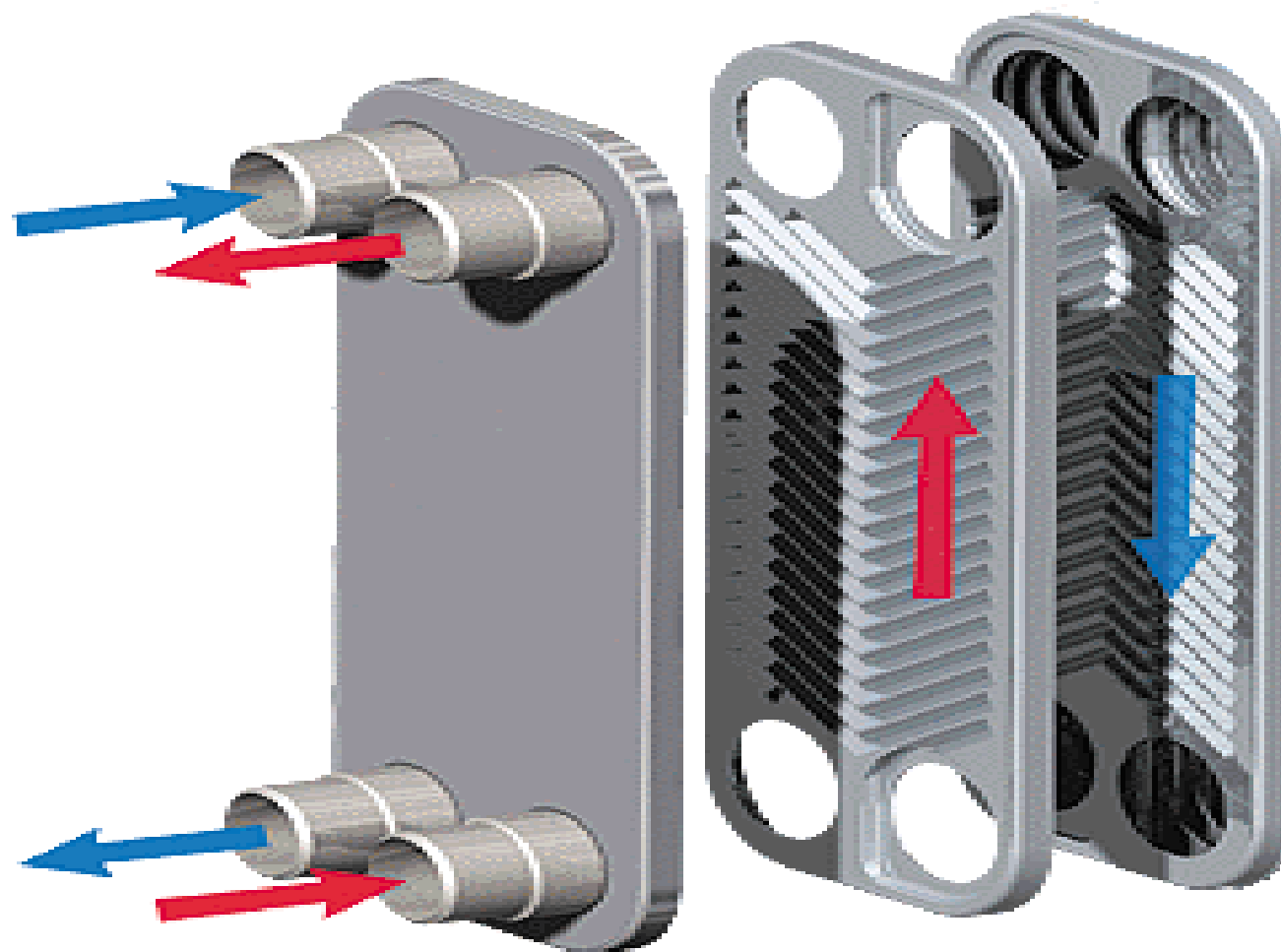
Termodynamika techniczna



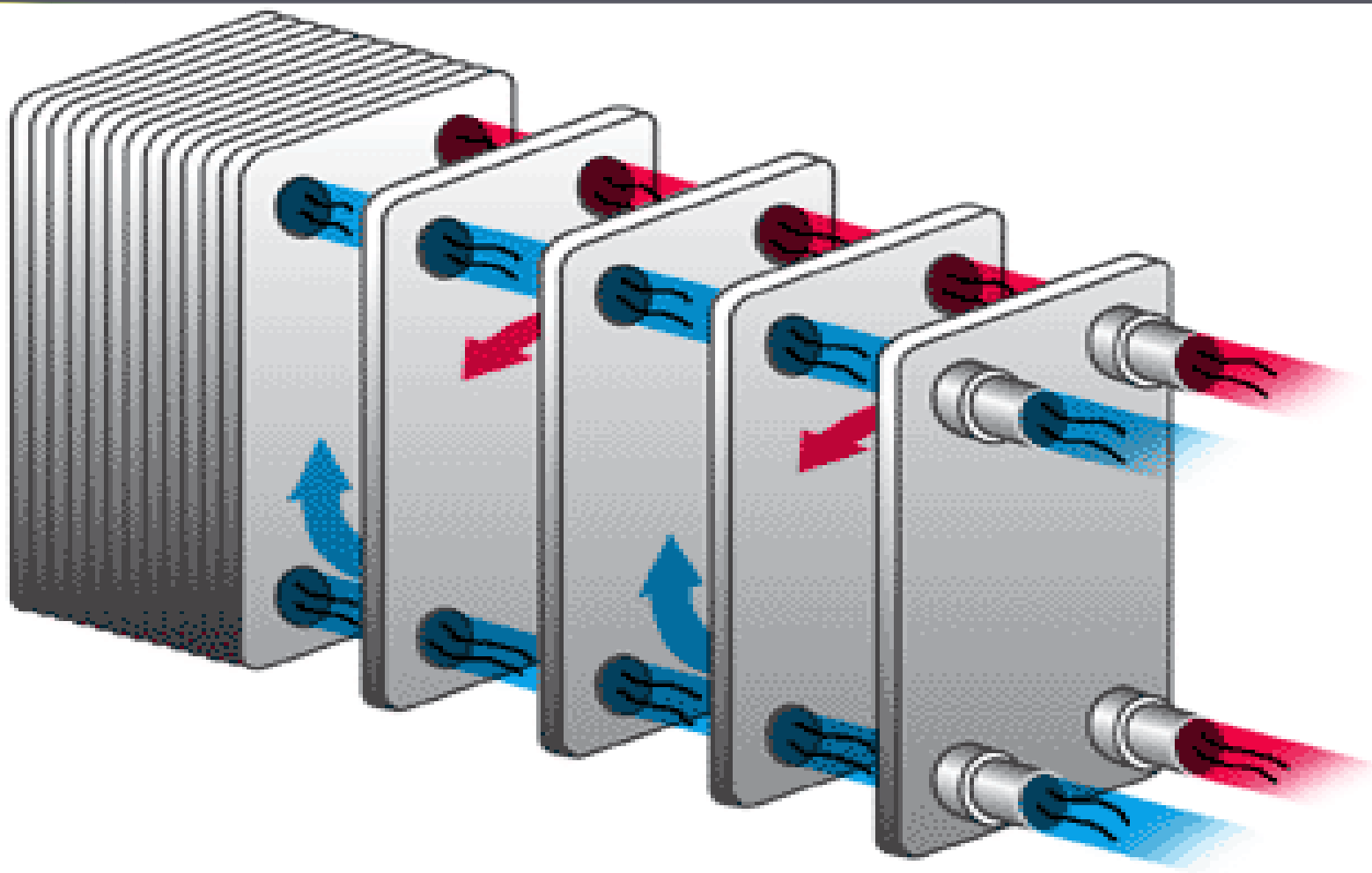
Wymienniki ciepła

- Różnica temperatur płynu grzejnego i grzanego jest stała wzdłuż całego wymiennika ciepła
- Temperatura ścianki jest wyższa od strony wlotu płynu grzejnego
- Od strony wlotu płynu grzejnego ścianka wymiennika może ulec przegrzaniu

Wymienniki ciepła

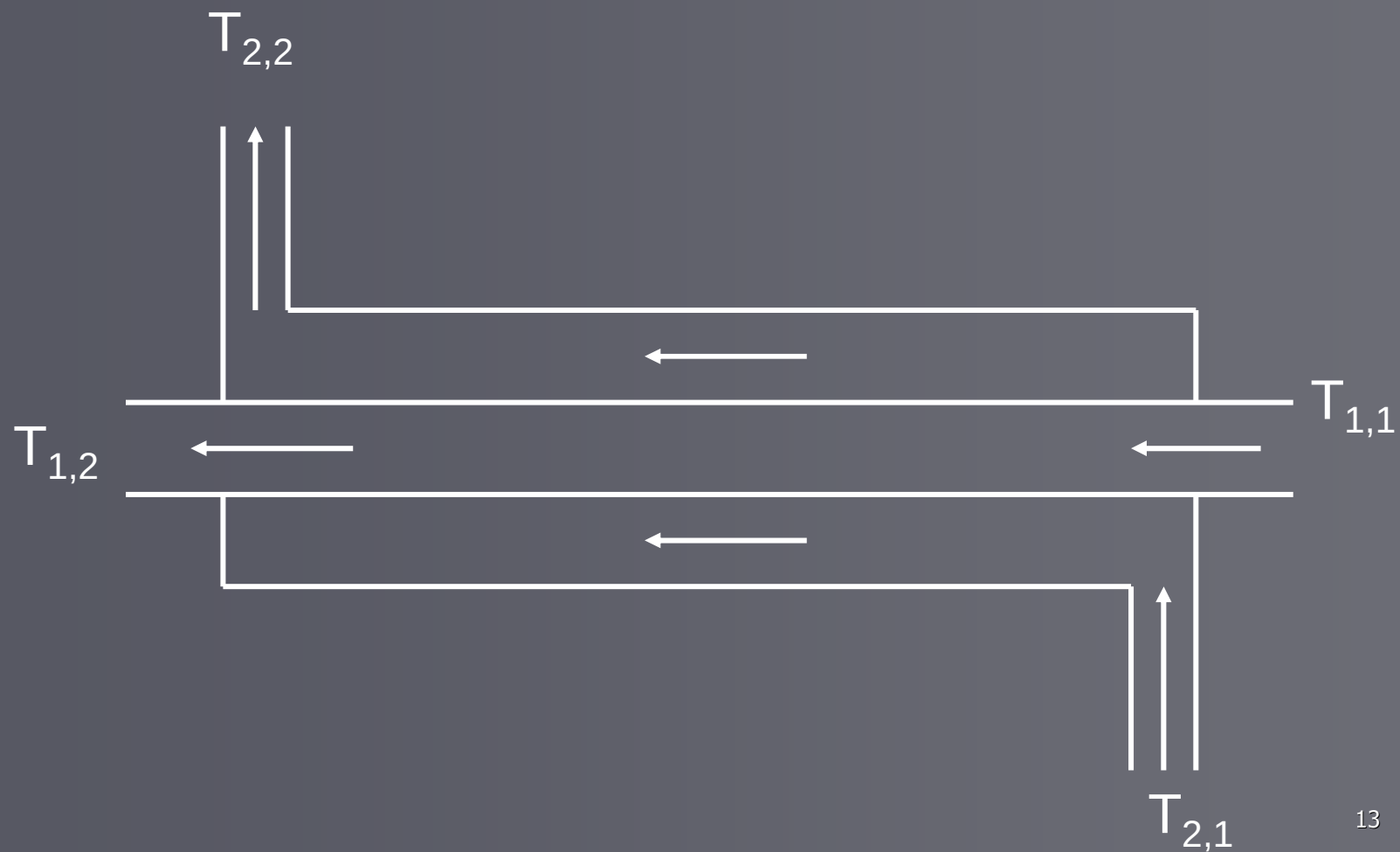


Wymienniki ciepła

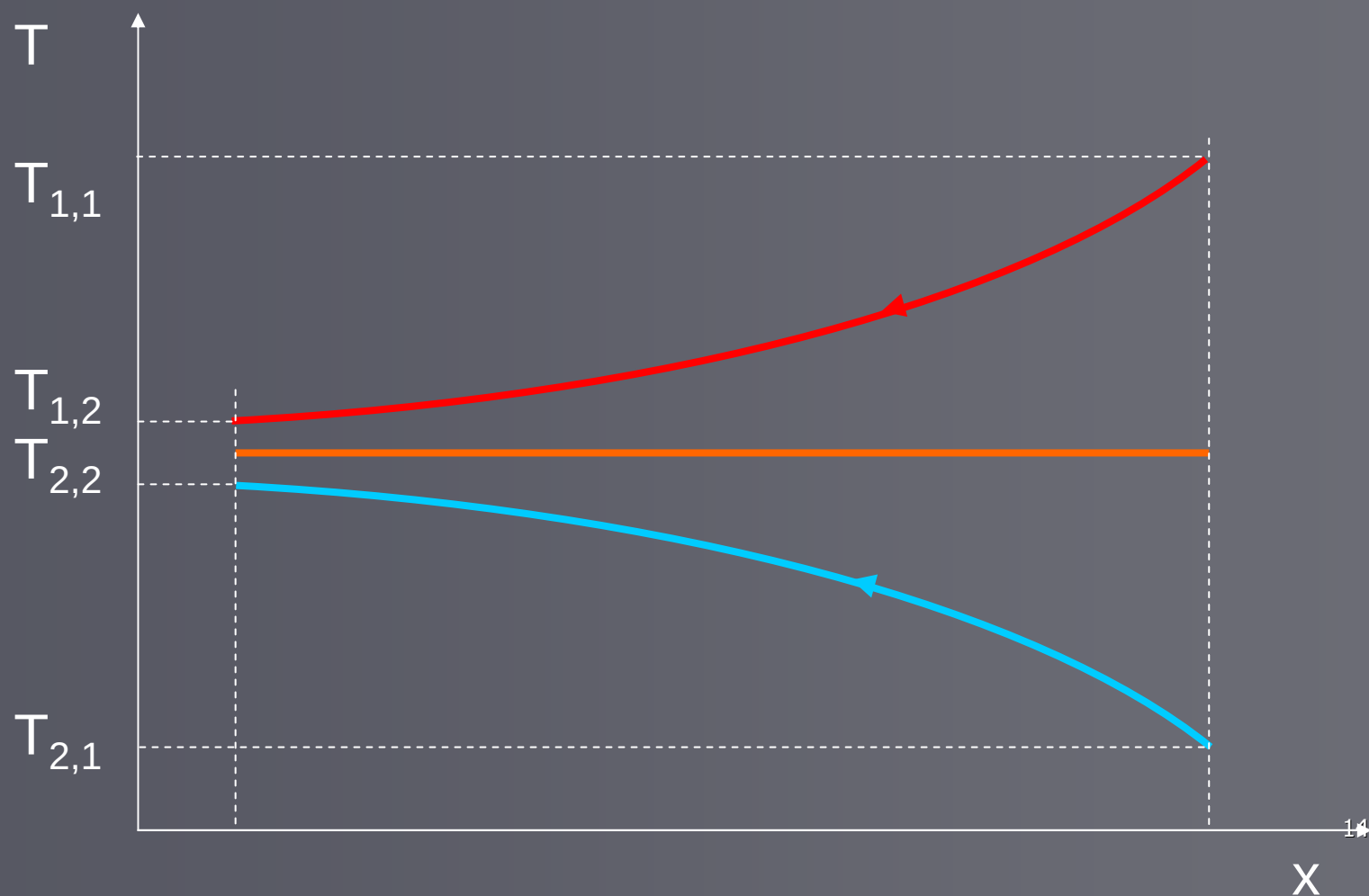


Wymienniki ciepła

Termodynamika techniczna



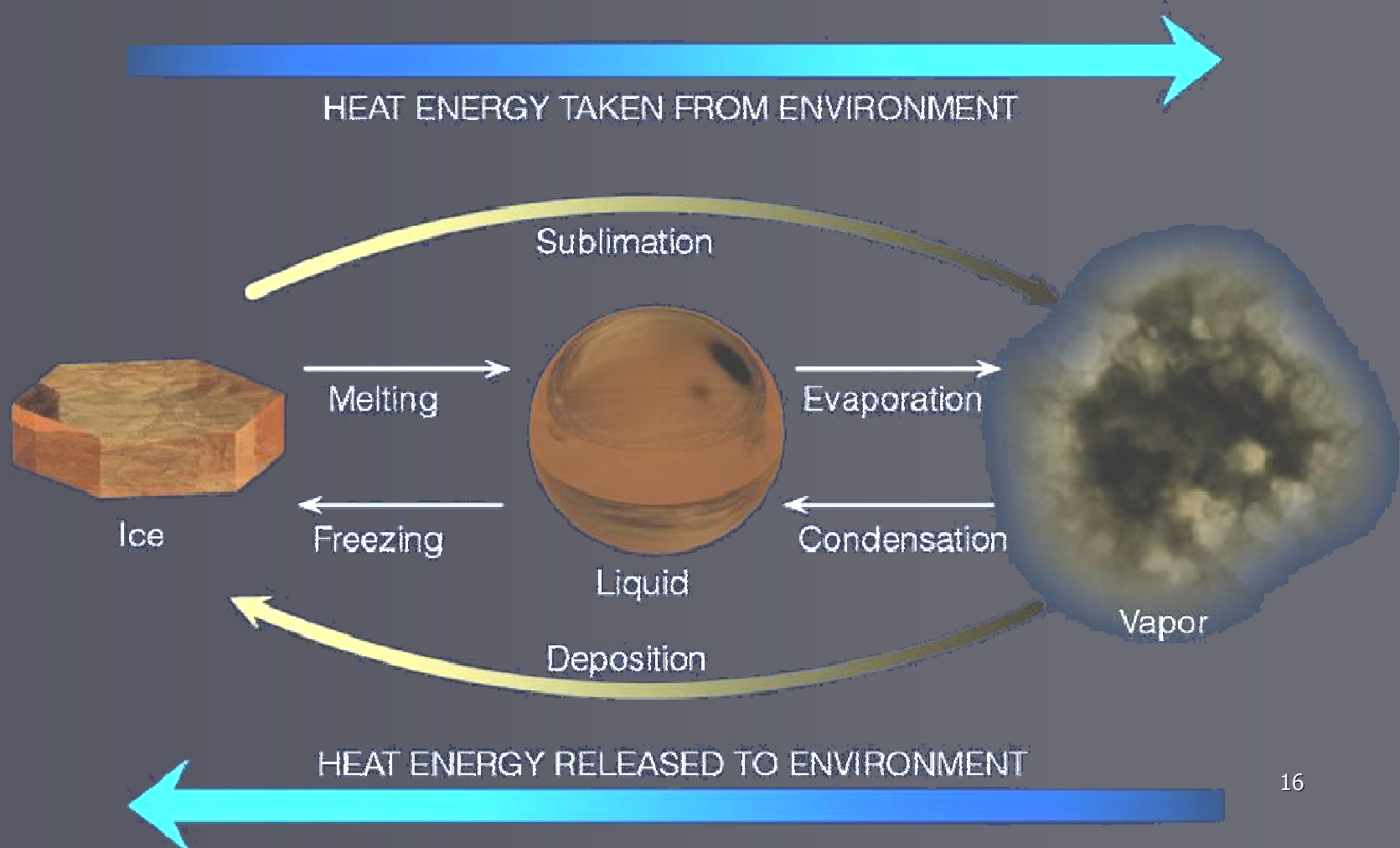
Wymienniki ciepła



Wymienniki ciepła

- Temperatura końcowa płynu grzanego jest w wymienniku przeciwprądowym wyższa niż w wymienniku współprądowym przy tych samych temperaturach wlotowych w obu wymiennikach
- Średnia różnica temperatur w wymienniku przeciwprądowym jest wyższa, niż w wymienniku współprądowym
- Wymiennik przeciwprądowych przy tych samych gabarytach wymienia większą ilość ciepła od wymiennika współprądowego

Wymienniki ciepła



Wymienniki ciepła

- Ciecz podczas wrzenia i para podczas skraplania nie zmieniają swojej temperatury
- Wrzenie i skraplanie odbywa się na ścianie, czyli jest procesem przejmowania ciepła
- Wrzenie i skraplanie charakteryzują się bardzo dużymi współczynnikami przejmowania ciepła

Wymienniki ciepła

- Wrzenie objętościowe występuje wówczas, gdy ciecz w całej objętości jest ogrzana do temperatury nasycenia
- Wrzenie powierzchniowe występuje wówczas, gdy temperatura nasycenia jest osiągana tylko w warstwie cieczy stykającej się ze ścianką
- Wrzenie jednorodne występuje wówczas, gdy ciepło dostarczane jest nie przez ściankę, a do całej objętości cieczy

Wymienniki ciepła

- Tworzenie się pęcherzyków pary w połączeniu z siłą wyporu działającą na te pęcherzyki wywołuje ruchy konwekcyjne w cieczy
- Konwekcja uzyskana siłą wyporu jest konwekcja swobodną
- Wrzenie objętościowe będzie występowało wówczas, gdy przy konwekcji swobodnej objętość cieczy będzie duża w porównaniu do powierzchni wymiany ciepła

Wymienniki ciepła

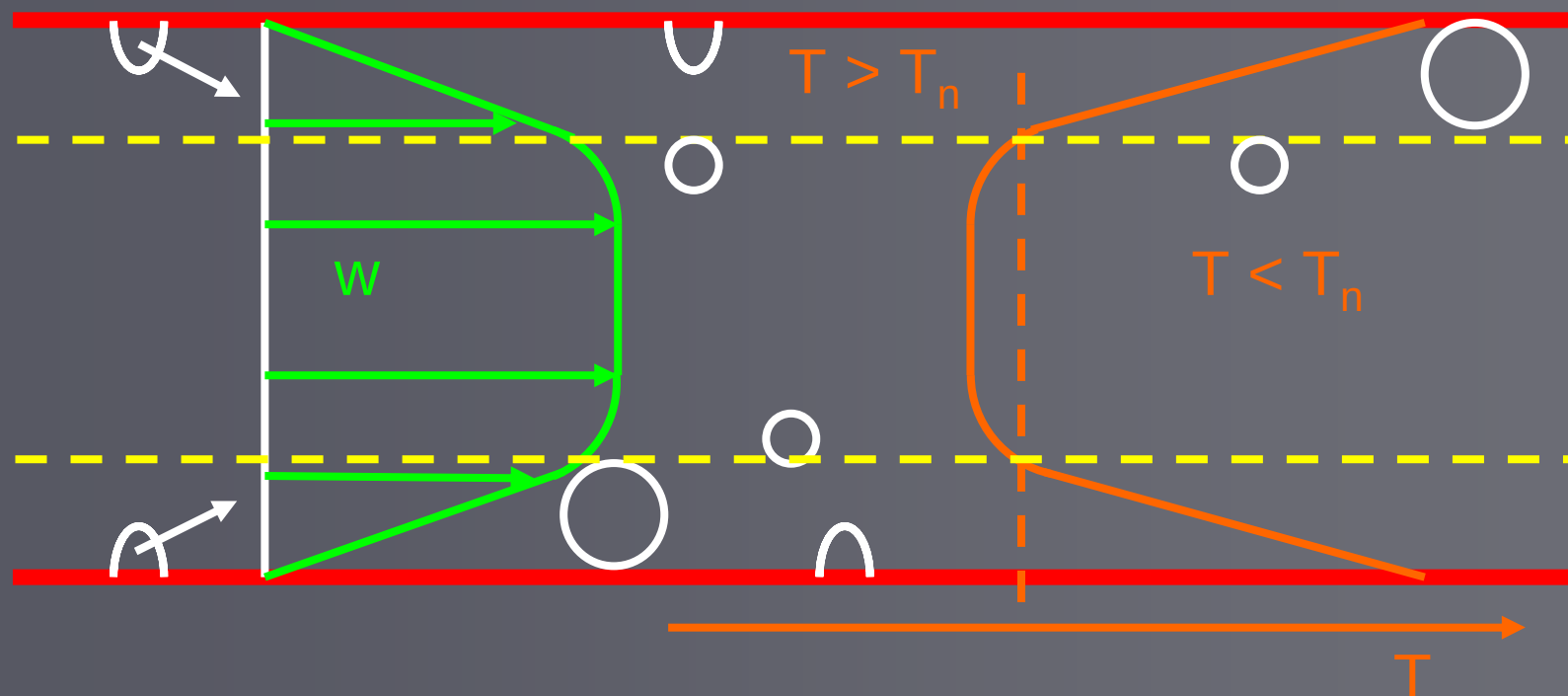


Wymienniki ciepła



Wymienniki ciepła

Termodynamika techniczna



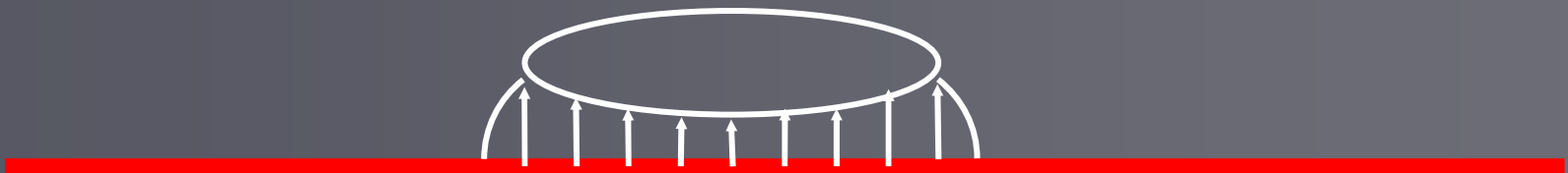
Wymienniki ciepła

Jeśli grubość warstwy cieczy jest stosunkowo mała lub występuje konwekcja wymuszona, to dla małych natężeń strumienia ciepła występuje wrzenie powierzchniowe, a dopiero dla dużych natężeń strumienia ciepła wrzenie objętościowe

w11

Wymienniki ciepła

Termodynamika techniczna



Wymienniki ciepła

- Przy pewnej wartości zwanej krytycznym natężeniem strumienia ciepła cała powierzchnia grzejna jest pokryta trwałą warstwą (błoną) pary
- Wrzenia takie nazywamy wrzeniem błonowym
- Wrzenie, w którym na powierzchni grzejnej tworzą się pojedyncze pęcherzyki pary nazywamy wrzeniem pęcherzykowym

Wymienniki ciepła

- Przy wrzeniu pęcherzykowym w warstwie cieczy stykającej się ze ścianką grzejną występuje konwekcja, która rośnie wraz ze wzrostem różnicy temperatur ścianki grzejnej i cieczy
- Przy wrzeniu błonowym wymiana ciepła przez cienką warstwę pary oddzielającą powierzchnię grzejną od cieczy odbywa się przy pomocy przewodzenia

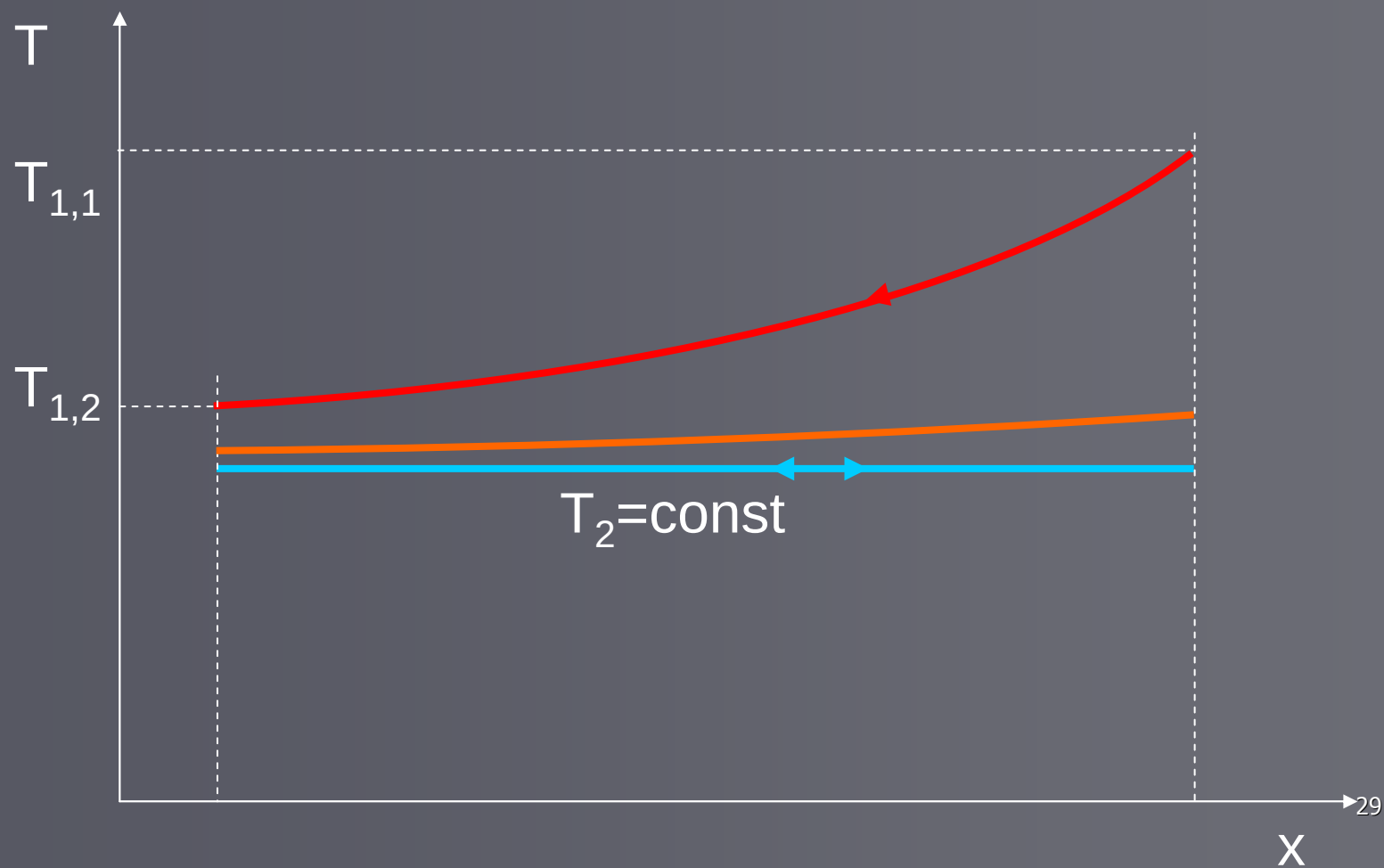
Wymienniki ciepła



Wymienniki ciepła

- Wzrost natężenia strumienia ciepła zwiększa szybkość tworzenia się pęcherzyków pary
- Przy pewnej wartości zwanej krytycznym natężeniem strumienia ciepła cała powierzchnia grzejna jest pokryta trwałą warstwą (błoną) pary
- Wrzenia takie nazywamy wrzeniem błonowym
- Wrzenie, w którym na powierzchni grzejnej tworzą się pojedyncze pęcherzyki pary nazywamy wrzeniem pęcherzykowym.

Wymienniki ciepła



Wymienniki ciepła

- Jeśli w wymienniku ciepła zachodzi przemiana fazowa wrzenie lub skraplanie, to temperatura jednego z płynów jest stała
- Kierunek przepływu płynów przy wrzeniu lub skraplaniu nie ma znaczenia
- Wymiennik ciepła, w którym zachodzi wrzenie nazywamy parowaczem
- Wymiennik ciepła, w którym zachodzi skraplanie nazywamy skraplaczem

Wymienniki ciepła

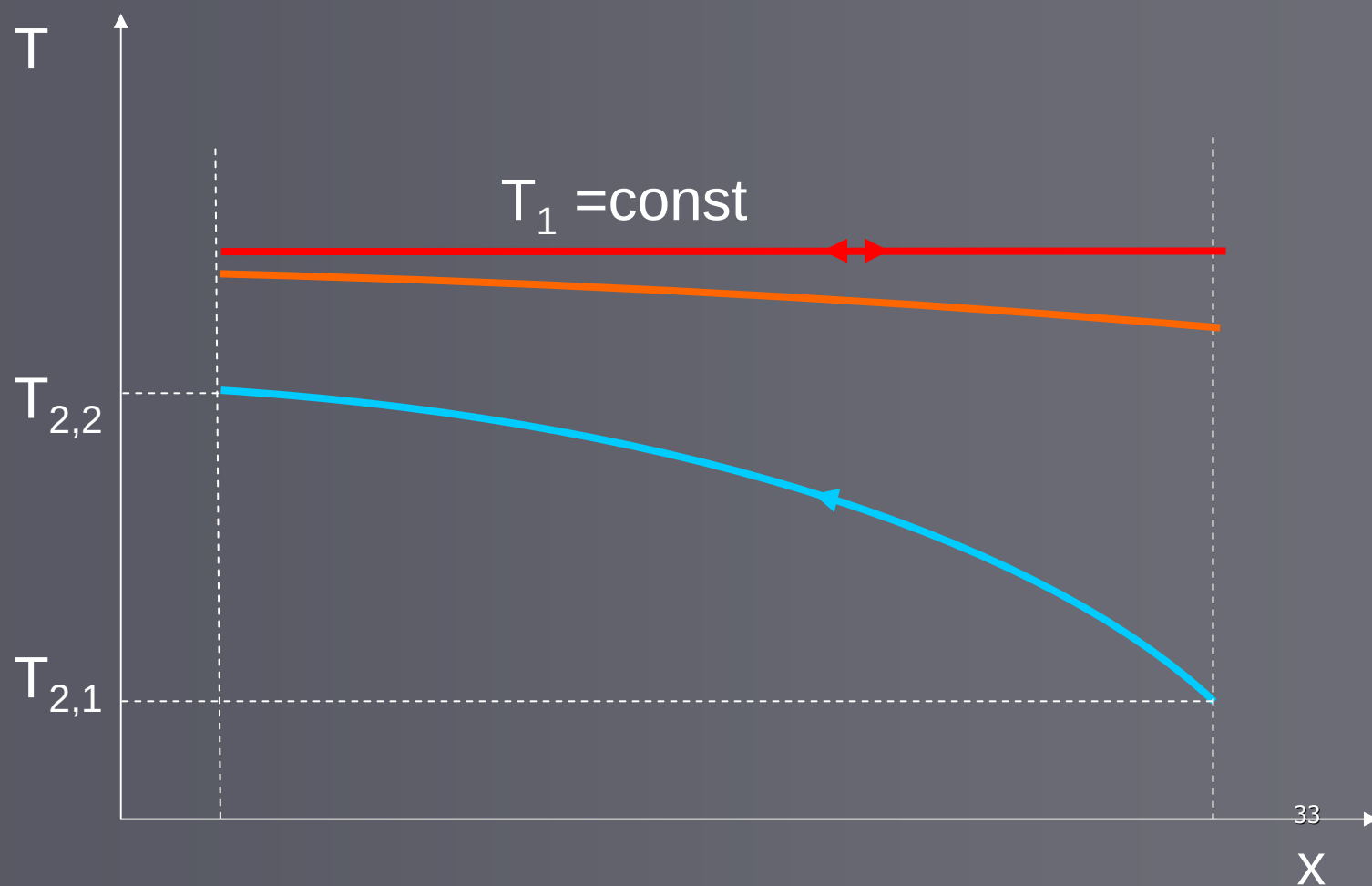
- Skraplanie (kondensacja) pary na ścianie stałej zachodzi wówczas, gdy temperatura ścianki jest niższa od temperatury nasycenia pary
- Skraplanie kropłowe występuje wówczas, gdy ciecz (skropliny) nie zwilża ścianki grzanej
- Skraplanie błonowe wytwarza na powierzchni ścianki grzanej ciągłą warstwę cieczy

Wymienniki ciepła

- Skraplanie kropłowe występuje wówczas, gdy ciecz (skropliny) nie zwilża ścianki grzanej
- W przypadku wody trwałe uzyskanie skraplania kropłowego jest praktycznie niemożliwe
- W skraplaniu błonowym na powierzchni ścianki grzanej wytwarza się ciągła warstwa cieczy



Wymienniki ciepła



Wymienniki ciepła

- W wymiennikach ciepła ciecz-ciecz i gaz-gaz współczynnik przejmowania ciepła jest porównywalny dla obu płynów
- W przypadku wymiany ciepła ciecz-gaz lub gaz-ciecz współczynnik przejmowania ciepła po stronie cieczy jest wielokrotnie większy niż po stronie gazu.

Wymienniki ciepła

- Żebrowanie ścianki
- wyrównanie intensywności wymiany ciepła ciecz-gaz - ścianka od strony gazu musi być powiększona przez jej uźebrowanie
- wymiana ciepła gaz-gaz przy bardzo wysokiej temperaturze gazu grzejnego uźebrowanie ścianki od strony gazu grzanego zwiększa odprowadzanie ciepła od ścianki i obniża jej temperaturę

Wymienniki ciepła

$$Q = k \cdot F \cdot \tau \cdot \Delta t$$

$$F = \frac{Q'}{k \cdot \Delta t_m}$$

$$\Delta t_m = f(F)$$

$$\Delta t_m = \frac{1}{F_w} \cdot \int_0^{F_w} \Delta t \cdot dF$$

Wymienniki ciepła

$$dQ' = k(t_1 - t_2) \cdot dF =$$
$$= -G_1 \cdot c_1 \cdot dt_1 = G_2 \cdot c_2 \cdot dt_2$$

$$dt_1 = -\frac{k \cdot (t_1 - t_2) \cdot dF}{G_1 \cdot c_1}$$

$$dt_2 = \frac{k \cdot (t_1 - t_2) \cdot dF}{G_2 \cdot c_2}$$

Wymienniki ciepła

$$dt_1 - dt_2 = d(\Delta t) =$$

$$= -(t_1 - t_2) \cdot k \cdot dF \cdot \left(\frac{1}{G_1 \cdot c_1} + \frac{1}{G_2 \cdot c_2} \right)$$

$$\frac{d(\Delta t)}{\Delta t} = -k \cdot \left(\frac{1}{G_1 \cdot c_1} + \frac{1}{G_2 \cdot c_2} \right) \cdot dF$$

Wymienniki ciepła

Termodynamika techniczna

$$\int_{\Delta t_1}^{\Delta t_2} \frac{d(\Delta t)}{\Delta t} = \int_0^{F_w} -k \cdot \left(\frac{1}{G_1 \cdot c_1} + \frac{1}{G_2 \cdot c_2} \right) \cdot dF$$
$$\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = -k \cdot F_w \cdot \left(\frac{1}{G_1 \cdot c_1} + \frac{1}{G_2 \cdot c_2} \right)$$

Wymienniki ciepła

Termodynamika techniczna

$$\int_{\Delta t_1}^{\Delta t} \frac{d(\Delta t)}{\Delta t} = \int_0^F -k \cdot \left(\frac{1}{G_1 \cdot c_1} + \frac{1}{G_2 \cdot c_2} \right) \cdot dF$$

$$\ln \frac{\Delta t}{\Delta t_1} = -k \cdot F \cdot \left(\frac{1}{G_1 \cdot c_1} + \frac{1}{G_2 \cdot c_2} \right)$$

$$\Delta t = \Delta t_1 \cdot e^{-k \cdot F \cdot \left(\frac{1}{G_1 \cdot c_1} + \frac{1}{G_2 \cdot c_2} \right)}$$

Wymienniki ciepła

$$\Delta t_m = \frac{1}{F_w} \cdot \int_0^{F_w} \Delta t \cdot dF$$

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1}{F_w} \cdot \int_0^{F_w} e^{-k \cdot \left(\frac{1}{G_1 \cdot c_1} + \frac{1}{G_2 \cdot c_2} \right) \cdot F} \cdot dF$$

Wymienniki ciepła

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1}{F_w} \cdot \int_0^{F_w} e^{-k \cdot \left(\frac{1}{G_1 \cdot c_1} + \frac{1}{G_2 \cdot c_2} \right) \cdot F} \cdot dF$$

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1}{-k \cdot \left(\frac{1}{G_1 \cdot c_1} + \frac{1}{G_2 \cdot c_2} \right) \cdot F_w} \cdot \left[e^{-k \cdot \left(\frac{1}{G_1 \cdot c_1} + \frac{1}{G_2 \cdot c_2} \right) \cdot F_w} - 1 \right]$$

Wymienniki ciepła

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} \cdot \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} - 1 \right)$$

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}}$$

średnia logarytmiczna
różnica temperatur

Wymienniki ciepła

- Podstawowym źródłem ciepła jest spalanie paliw chemicznych. Spalanie jest utlenianiem paliwa. Paliwa chemiczne mogą być spalane jako ciała stałe, ciecze i gazy.
- Skład chemiczny paliwa może być określony jako paliwo o umownej cząstce $C_\alpha H_\beta O_\gamma S_\delta$.

Wymienniki ciepła

Najważniejszymi własnościami paliw chemicznych są:

- skład chemiczny
- gęstość
- teoretyczne zapotrzebowanie powietrza
- wartość opałowa
- temperatura samozapłonu

Wymienniki ciepła

Obecność siarki S w paliwie uznaje się za niepożądaną, ponieważ produkty spalania siarki działają korozyjnie stal, a także stanowią toksyczny składnik spalin.

Wymienniki ciepła

Paliwa będące ciałami stałymi dzielimy na:

- węgiel kamienny i paliwa pochodne
- węgiel brunatny
- drewno.

Wymienniki ciepła

Dla paliw stałych oprócz gęstości określa gęstość usypową. Gęstość usypowa uwzględnia objętość między ziarnami paliwa stałego zajmowaną przez powietrze. Gęstość usypowa jest niższa od gęstości paliwa i zależy od ziarnistości paliwa.

Wymienniki ciepła

- Teoretyczne zapotrzebowanie powietrza określa stechiometryczny stosunek masy powietrza do paliwa.
- Mieszaną stechiometryczną nazywamy taką mieszaną, w której utlenieniu ulegają wszystkie palne składniki mieszanki.

Wymienniki ciepła

Dla mieszanki paliwowo-powietrznej stechiometrycznej przyjmujemy umowną cząstkę powietrza o stosunku udziałów molowych tlenu do azotu 21:79. Dla paliwa o umownej cząstce $C_\alpha H_\beta O_\gamma$ stechiometryczny stosunek masowy powietrza do paliwa L_0 określający teoretyczne zapotrzebowanie powietrza do spalania wynosi

Wymienniki ciepła

$$L_0 = \frac{1}{0,23} \cdot \left[\frac{8}{3} \cdot C + 8 \cdot \left(H - \frac{O}{8} \right) \right]$$

Wymienniki ciepła

Teoretyczne zapotrzebowanie powietrza do spalania dla paliw gazowych i ciekłych z wyjątkiem alkoholi i wodoru wynosi

$$13 < L_0 < 17,5$$

Wymienniki ciepła

- Wartość opałowa paliwa jest to ciepło spalania dla stechiometrycznego stosunku masowego powietrza do paliwa zmniejszone o wartość ciepła parowania pary wodnej zwartej w spalinach.
- Wartość opałowa określa ilość ciepła użytecznego, jaką można odebrać od spalin bez konieczności skraplania pary wodnej znajdującej się w spalinach.

Wymienniki ciepła

- Dla kondensacyjnych technik spalania ilość ciepła użytecznego, jaka można od spalin odebrać jest większa od wartości opałowej paliwa.
- Jeśli sprawność urządzeń spalających paliwo jest odnoszona do wartości opałowej paliwa, to przy kondensacyjnych technikach spalania sprawność urządzeń może być większa od 100 [%].

Wymienniki ciepła

- W spalinach znajdują się związki chemiczne o odczynie kwaśnym (CO_2 , NO_x) i powstały w wyniku skraplania kondensat ma silnie kwaśny odczyn.

Wymienniki ciepła

Dla paliw stałych ważnymi parametrami są:

- ziarnistość
- zawartość substancji lotnych
- zawartość popiołu
- spiekalność

Wymienniki ciepła

Paliwa ciekłe będące węglowodorami dzielimy na:

- benzyny (temperatura destylacji poniżej 200 [°C])
- nafty (temperatura destylacji 140 ÷ 300 [°C])
- oleje napędowe i opałowe (temperatura destylacji 200 ÷ 350 [°C])

Wymienniki ciepła

- Dla paliw spalanych w silnikach spalinowych istotnymi parametrami są liczba oktanowa LO i liczba cetanowa LC.
- Liczba oktanowa określa odporność paliwa na spalanie stukowe.
- Liczba cetanowa określa skłonność paliwa do samozapłonu.
- Wysokim wartościom liczby oktanowej odpowiada niska wartość liczby cetanowej i odwrotnie.

Wymienniki ciepła

Paliwo	Własności w stanie ciekłym			Własności stechiometrycznej mieszanki z powietrzem			
	Pozorna masa cząsteczkowa	Gęstość [kg/dm ³]	Wartość opałowa [MJ/kg]	Pozorna masa cząsteczkowa	Stechiometryczny stosunek powietrza do paliwa [kg/kg]	Wartość opałowa [kJ/m ³]	Liczba oktanowa (cetanowa)
benzyna	113 ÷ 126	0,72÷0,76	42,0÷44,0	30,3	14,9	3660÷3860	LO 75÷90
nafta	154	0,81	40,5	30,4	15,0	3480	LO 35÷50 (LC 35)
olej napędowy	170	0,84÷0,88	42,0÷44,0	30,5	14,5	3660÷3830	LC 50÷85

Wymienniki ciepła

Paliwo	Własności w stanie gazowym			Własności stechiometrycznej mieszanki z powietrzem			
	Masa cząsteczkowa	Gęstość [kg/m ³]	Wartość opałowa [MJ/m ³]	Masa cząsteczkowa	Stechiometryczny stosunek powietrza do paliwa [m ³ /m ³]	Wartość opałowa [kJ/m ³]	Liczba oktanowa
gaz ziemny	16,04	0,717	35,8	28	9,5	3400	110
LPG	51	2,08	96,5	30	27,38	3350	100