Jest to praca wielu osób zarówno kadry jak i studentów. Wszystkim, którzy przyczynili się do powstania tej pracy składam serdeczne podziękowania. ☺EPO

Wykład 1

Zagadnienia

1. Pojęcie ciepła i temperatury
2. Podstawowe sposoby wymiany ciepła
3. Podstawowe prawa wymiany ciepła
4. Opis wymiany ciepła w podstawowych geometriach - ścianka płaska, cylindryczna i kulista.

Powtórka

Co wiemy na temat ciepła?

1. Ciepło jest rozumiane jako proces w wyniku którego można zmienić energię wewnętrzną danego ciała ( drugim sposobem jest praca).
2. Ciepło to też ilość energii dostarczonej do ciała. W przeszłości wizualizowane je jako sumaryczną wartość energii kinetycznej cząsteczek gazu, lub energii kinetycznej ruchów oscylacyjny w cieczach i ciałach stałych i cieczy.
3. Dla układów zamkniętych spełniona jest Pierwsza Zasada Termodynamiki IZT, mówiąca że ciepło doprowadzone do układu jest wykorzystane do zmiany energii wewnętrznej układu oraz wykonania pracy przez układ.
4. Metodologię obliczania ciepła bez względu na rodzaj przemiany , której podlega czynnik roboczy; wprowadził Clausius. Wprowadził on pojęcie różniczki zupełnej ds entropii, z której można wyliczyć wartość ciepła ( dq – różniczka ciepła, T-temperatura w skali bezwzględnej)
5. IIZT ( Druga Zasada Termodynamiki) została sformułowana przez Clausiusa. W najprostszej formie brzmi ona „Ciepło przepływa od ciała cieplejszego w kierunku do ciała chłodniejszego”, ca jest znane z życia codziennego.
6. Ciała mają zdolność akumulacji ciepła, która jest scharakteryzowane przez tzw. ciepło właściwe c. Ilość zakumulowanego ciepła Q w ciele o masie m, w którym zaobserwowane zmianę temperatury o oblicza się najprościej jako:

WARUNEK PRZEPŁYWU CIEPŁA

Warunkiem niezbędnym do przepływu ciepła jest istnienie różnicy temperatur pomiędzy ciałami lub obszarami w ciele ( analogicznie jest w przypadku różnicy ciśnień generującej przepływ płynu, lub różnicy potencjału – przepływ prądu elektrycznego)

Pojęcie gęstości strumienia ciepła

A

II

I

Ciepło płynie z systemu I do systemu II poprzez powierzchnię styku pomiędzy nimi nazwaną tutaj powierzchnią A

**Rys. 1**

*Przepływ ciepła* – strumień ciepła Q przechodzący przez jakąś powierzchnię o polu A.



Gęstość strumienia q :



Gęstość strumienia ciepła jest wektorem bo pole ma cechy wektora, czyli kierunek prostopadły do linii lub powierzchni o stałej np. temperaturze, zwrot, i długość wektora na podstawie której określa się wartość ilościową danej wielkości wektorowej. Wartości te wykorzystane są potem w obliczeniach.

Mówimy wtedy, zew zagadnieniach ilościowych traktujemy gęstość strumienia na sposób skalarny i zapisujemy *I lub q.*

# POLE TEMPERATURY

z V

P

T( P,τ )

y

x

Punkty pola w żółtym obszarze mają temperaturę T zależną od położenia punktu i czasu

**Rys.2**

**Def. Pola temperatury**

Pole temperatury to funkcja, która mówi, że:

Jeśli każdemu punktowi tego ciała jest przypisana temperatura, która może zmieniać się

z czasem i położeniem.

Jeśli : - to pole jest stacjonarne, ustalone;

 - to pole jest nieustalone, zmienne w czasie;

Jeśli pole temperaturowe zależy tylko od jednej zmiennej to jest to pole jednowymiarowe, liniowe.

W ciele można wyznaczyć powierzchnie o jednakowych temperaturach – powierzchnie izotermiczne. Proszę zauważyć , że pole temperatury które jest dwuwymiarowe, wyznaczone powierzchnie izotermiczne maja jeden wymiar i są nazywane liniami izotermicznymi **.** Jeśli to samo zrobimy dla powierzchni trójwymiarowej , to powierzchnie izotermiczne są dwuwymiarowe…

z

P

 grad T

T2

T1 T

y

x

Powierzchnie izotermiczne są rozłączne, nie mogą się przecinać, bo wtedy temperatura w punkcie przecięcia byłaby nieokreślona.

Temperatura jest skalarem, czyli nie-wektorem. Niemniej jednak polu skalarnemu można przypisać kierunek wzrostu lub zmniejszania się jej wartości, ogólnie mówiąc kierunek zmiany wartości temperatury. Mówimy wtedy o polu gradientu temperatury . Gradient temperatury jest to wielkość wektorowa:



 - wektor normalny prostopadły do powierzchni izotermicznej.

*Gradient temperatury* pokazuje więc jak zmienia się w przestrzeni fizyczna wielkość jaką jest temperatura (przyrost temperatury na jednostkę długości w przestrzeni).

Dodatnia wartość gradientu temperatury oznacza wzrost temperatury.

Ujemna wartość gradientu oznacza spadek temperatury.

Dla pola nieustalonego gradient temperatury jest zmienny w czasie.

SPOSOBY WYMIANY CIEPŁA pomiędzy ciałami

1. *Przewodzenie ciepła (inaczej kondukcja)*– mamy do czynienia wtedy, gdy w kierunku wektora strumienia ciepła nie ma makroskopowego ruchu substancji np. przewodzenie ciepła w ciałach stałych;
2. *Unoszenie ciepła ( inaczej konwekcja)*– gdy przekazywanie ciepła związane jest z ruchem substancji; przenoszenie ciepła poprzez ruch substancji w gazach i cieczach;
3. *Promieniowanie (inaczej radiacja)*– przenoszenie ciepła drogą fal elektromagnetycznych; promieniowanie nie wymaga ośrodka - nie musi występować substancjalne ciało, np. promieniowanie słoneczne rozchodzi się w próżni

Zwykle występują wszystkie trzy rodzaje wymiany ciepła jednocześnie. Radiacja może występować samodzielnie.

Podstawowe prawa przenoszenia ciepła:

1. *Prawo Fouriera* zapisane tu w postaci skalarnej

**gęstość strumienia ciepła q jest proporcjonalna do gradientu temperatury, współczynnikiem proporcjonalności jest tzw. współczynnik przewodzenia ciepła,[W/(m⋅K) ]**



λ - współczynnik proporcjonalności, współczynnik przewodzenia ciepła,[W/m⋅K]

Jest to stała materiałowa, zależy od rodzaju materiału, jego stanu i zazwyczaj słabo zmienia się z temperaturą. W związku z powyższym zwykle zakłada się stałość tej wielkości.

Ćwiczenie

Największa wartość λ mają metale, im lepszy przewodnik tym wartość λ rośnie. Największą wartość mają srebro, złoto, miedź. Metale w stanie ciekłym mają mniejsze λ niż w stanie stałym.

Jeżeli  - izolatory, mają strukturę porowatą, duży udział gazu, np. dla styropianu rzędu setnych części  . Im większa gęstość tym większa jest przewodność, gorszy jest izolator.

Proszę znaleźć największą i najmniejszą wartość współczynnika przewodzenia dla ciał stałych, cieczy i gazów.

1. *Prawo Newtona* – mówi co dzieje się na brzegu ciała stałego i płynu; Strumień ciepła q jest proporcjonalny do różnicy temperatur;

γ

t dla > t q = α( - t )

q dla t > q = α( t - )

- temperatura ciała stałego

t – temperatura płynu

α - współczynnik przenikania (wnikania) ciepła; nie jest to stała materiałowa; zależy od własności płynu, lepkości, czy jest jedno- czy dwu- czy wielofazowy, od kształtu ściany.

Jest to współczynnik proporcjonalności i ma wartość dodatnią ☺

Największa wartość α - przepływ ze zmienną fazą (wrzenie, skraplanie)

Najmniejsza wartość α - konwekcja naturalna, gdy czynnikiem jest gaz, α = 5,6 W/m2K

1. *Prawo Stefana – Boltzmanna* – o wielkości strumienia energii przenoszonego w wyniku promieniowania temperaturowego (tzw. strumień emisji własnej ciała doskonale czarnego ) :



gdzie: σ - stała Boltzmanna promieniowania ciała doskonale czarnego równa 5,67⋅10-8 W/m2K4

ε = 0 – 1 – współczynnik emisyjności mówi o własnościach ciała wysyłającego promieniowanie; dla ciała doskonale białego ε=0, dla ciała doskonale czarnego ε=1

**Wyprowadzenie wzoru na gęstość strumienia ciepła przewodzonego przez ściankę płaską o grubości delta i znanym współczynniku przewodzenia ciepła .**

Zależność ta powinna mieć charakter podobny, jak w przypadku zależności pomiędzy napięciem i natężeniem prądu elektrycznego, tzw. analogia prądowo-napięciowa.

# PRZEWODZENIE

1. *Jednowymiarowe, ustalone przenoszenie ciepła przez ściankę płaską*.

γ

λ

 1

 2

0 δ x

δ - grubość ścianki



Warunki brzegowe:

1. x = 0  =  1

2. x = δ  =  2



Zakładamy, że q = f(x), ale  (stan ustalony)



Korzystając z warunków brzegowych wyznaczamy q i C:



1. *Ściana zbudowana z kilku warstw o różnych grubościach i różnych λ.- szeregowe połaczenie oprów analogii prądowo - napieciowej*

γ

 1 A

λ1 γ’

’

’’

λ2



q q1 q2 q3

δ1 δ2 δ3

x

’, ’’ – zakładane temperatury na granicy warstw;

q1 = q2 = q3 = q

 

W związku z tym, gęstość strumienia ciepła po uporządkowaniu wzoru ma postać:



Można zauważyć , ze opor cieplny ( wartość w mianowniku) w takim przypadku jest suma poszczególnych oporów cieplnych warstw złożonych ze sobą, podobnie jak w przypadku szeregowo połączonych oporników przez które płynie prąd elektryczny.

Poniżej umieszczono tzw. mapy myśli z najważniejszymi pojęciami





