

Taka zamiana jest dogodna do obliczeń praktycznych, ponieważ  $Re$  jest liczbą podobieństwa hydrodynamicznego, a liczba Prandtla -  $Pr$  składa się tylko z parametrów fizycznych

$$Pr = \frac{Pe}{Re} = \frac{\nu}{a} . \quad (11.34)$$

Równanie uogólnione wymiany ciepła ma następującą postać

$$Nu = f(Fo, Re, Gr, Pr) . \quad (11.35)$$

Dla ruchu wymuszonego ustalonego równanie (11.35) przyjmuje postać

$$Nu = f(Re, Pr) , \quad (11.36)$$

ponieważ przy ruchu ustalonym odpada liczba  $Fo$  a przy ruchu wymuszonym burzliwym można pominąć wpływ ruchu swobodnego, a tym samym odpada liczba  $Gr$ .

Przy swobodnym ruchu cieczy odpada liczba  $Re$ , wobec czego

$$Nu = f(Gr, Pr) . \quad (11.37)$$

Wreszcie dla gazów o jednakowej liczbie atomów, dla których liczba  $Pr$  jest jednakowa, równania (11.36) i (11.37) przyjmą postać:

$$Nu = f(Re) , \quad (11.38)$$

$$Nu = f(Gr) . \quad (11.39)$$

Z przeprowadzonej analizy wynika, że teoria podobieństwa pozwala otrzymać liczby podobieństwa bez całkowania równań różniczkowych oraz pozwala ustalić zależności uogólnione, które są słuszne dla wszystkich zjawisk podobnych.

### 11.5. SENS FIZYCZNY LICZB PODOBIEŃSTWA

Każdej liczbie podobieństwa można przypisać pewien sens fizyczny. Liczby podobieństwa określamy zazwyczaj jako stosunek dwu wyrażeń charakterystycznych oddziaływania dwu różnych wielkości fizycznych.

Liczba Strouhala -  $Sh$  oznacza stosunek czasu ruchu elementu płynu do całkowitego czasu potrzebnego na przebycie określonej drogi.

Liczba Reynoldsa -  $Re$  wyraża stosunek sił bezwładności do sił lepkości.

Liczba Frouda -  $Fr$  jest miarą stosunku sił ciężkości do sił bezwładności.

Liczba Eulera -  $Eu$  przedstawia stosunek spadku ciśnienia statycznego w strumieniu płynu do ciśnienia dynamicznego.

Liczba Grashofa -  $Gr$  stanowi miarę stosunku sił wyporu do sił lepkości.

Liczba Prandtla jest stosunkiem współczynnika lepkości kinematycznej do współczynnika wyrównania temperatur  $\alpha$ . Można więc liczbę Prandtla traktować jako miarę stosunku przenoszenia ilości ruchu w płynie lepkiem do ilości ciepła w płynie.

Liczba Macha -  $M$  jest miarą stosunku prędkości ruchu elementu płynu do prędkości dźwięku w tym płynie.

## 11.6. ANALIZA WYMIAROWA

### TWIERDZENIE $\pi$

Analiza wymiarowa polega na znajdowaniu bezwymiarowych liczb podobieństwa przez analizę wymiarów opisujących pewne zjawisko. Nadaje się ona szczególnie do stosowania w tych przypadkach, w których nie znane są równania różniczkowe charakterystyczne dla badanego zjawiska.

Zanim przystąpimy do omówienia samej metody analizy wymiarowej określimy najpierw pewne pojęcia przydatne do dalszych rozważań.

#### 11.6.1. POJĘCIE NIEZALEŻNOŚCI WYMIAROWEJ

Niech  $A_i$  będzie wielkością wymiarową,  $a_i$  liczbą rzeczywistą i niech  $b$  będzie dowolną liczbą dodatnią.

Wielkości  $A_1, A_2, \dots, A_k$  nazywamy wymiarowo niezależnymi, jeżeli z równości

$$A_1^{a_1} A_2^{a_2} \dots A_k^{a_k} = b$$

wynika, że

$$a_1 = a_2 = \dots = a_k = 0 \quad \text{oraz} \quad b = f.$$