

# Reynolds number

In hydraulics, hydrodynamics and aerodynamics, a distinction is made between laminar and turbulent flows. A *laminar flow* is characterised because the layers of the medium (a gas or a fluid) move parallel with regard to each other. There is no to very little flow perpendicular to the main flow. The opposite of laminar flow is *turbulent flow*. Turbulent flow is characterized by its sparkling nature. The flow doesn't run smoothly, but it moves in vortices. There is a lot of flow perpendicular to the main flow.

Laminar flow occurs mostly at low flow speed. If the speed increases, the type of flow can suddenly become turbulent. The moment when laminar flow turns into turbulent flow and the other way around, is characterized by the dimensionless *Reynolds number*. This number is also used to indicate the similarity in both flows. This can be useful if one wants to study the behavior of an airplane wing or a water system using a scale model.



Laminar and turbulent flow in a cigarette's smoke.



A circular flow around a cylinder. This phenomenon occurs around cylinders, for any fluid, cylinder size and fluid speed, provided that there is a Reynolds number between  $\sim 49$  and  $10^7$ .

The Reynolds number  $Re$  was named after Osbourne Reynolds (1842-1912) and represents the relation between viscous and inertial forces in the movement a fluid makes with regard to an object.  $Re = \frac{V \cdot L \cdot \rho}{\mu}$ , Here,  $V$  is the characterizing speed (in case of flow in a pipe, this is the average flow speed) [ $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ],  $L$  is used for the characterising length (in case of flow in a pipe, this is the diameter) [ $\text{m}$ ],  $\rho$  for the specific mass (density) of the flowing medium [ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ] and  $\mu$  for the dynamic viscosity of the flowing medium [ $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ]. A low Reynolds number indicates dominant viscous powers that provide a constant, smooth (laminar) flow. A high Reynolds number indicates dominant inertial strength which causes the movement to be chaotic and hard (turbulent flow). The transition (usually transition flow) is different for every geometry.

## Input

Four real numbers  $V$ ,  $L$ ,  $\rho$  and  $\mu$  that represent the quantities as they are used in the formula of the Reynolds number (expressed in SI-units). Each number is on a separate line.

## Output

A real number that represents the Reynolds number calculated based on four quantities given in the input. This number is followed on the same line by a space and the type of flow that corresponds with the calculated Reynolds number between round brackets. For Reynolds numbers smaller than 2,000 this is laminar flow, for Reynolds numbers between 2,000 and 4,000, this is transition flow, and for Reynolds numbers larger than 4,000 this is turbulent flow.

## Example

### Input:

40.2  
2.0  
991.0  
72.0

### Output:

1106.616667 (laminar flow)

## Epilogue

In de hydraulica, hydrodynamica en aerodynamica wordt onderscheid gemaakt tussen laminaire en turbulente stromingen. Een *laminaire stroming* kenmerkt zich doordat de lagen van het medium (een gas of een vloeistof) zich parallel ten opzichte van elkaar voortbewegen. Er is geen of nauwelijks stroming loodrecht op de hoofdstroom. De tegenpool van laminaire stroming is *turbulente stroming*. Turbulente stroming kenmerkt zich door een wervelende karakter. De stroming loopt niet gelaagd, maar verplaatst zich in wervels. Er is veel stroming loodrecht op de hoofdstroom.

Laminaire stroming vindt vooral plaats bij lage stroomsnelheden. Wordt de snelheid groter, dan kan het type stroming ineens turbulent worden. Het moment waarop laminaire stroming overgaat in turbulente en andersom, wordt gekarakteriseerd door het dimensieloze *Reynoldsgetal*. Dit getal wordt ook gebruikt om de similariteit tussen twee stromingen weer te geven. Dit kan nuttig zijn als men het gedrag van een vliegtuigvleugel of een waterstelsel wil onderzoeken aan de hand van een schaalmodel.



Laminaire en turbulente stroming in de rookpluim van een sigaret.



Een wervelstroom rond een cylinder. Dit fenomeen komt voor rond cylinders, en dit voor elke vloeistof, cylindergrootte en vloeistofsnelheid, op voorwaarde dat het Reynoldsgetal tussen  $\sim 49$  en  $10^7$  ligt.

Het Reynoldsgetal  $Re$  werd vernoemd naar Osbourne Reynolds (1842-1912) en geeft de verhouding weer tussen de visceuze en de inertiaalkrachten in de beweging die een vloeistof maakt ten opzichte van een object.  $[ Re = \frac{V \cdot L \cdot \rho}{\mu} ]$ , Hierbij  $V$  staat voor de karakteristieke snelheid (in het geval van stroming door een buis is dit de doorsnede-gemiddelde stroomsnelheid)  $[ \frac{\text{m}}{\text{s}} ]$ ,  $L$  voor de karakteristieke lengte (in het geval van stroming door een buis is dit de diameter)  $[ \text{m} ]$ ,  $\rho$  voor de soortelijke massa (dichtheid) van het stromende medium  $[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} ]$  en  $\mu$  voor de dynamische viscositeit van het stromende medium  $[ \text{Pa}\cdot\text{s} ]$ . Een laag Reynoldsgetal wijst op dominante visceuze krachten die voor een constante vlotte (laminaire) stroom zorgen. Een hoog Reynoldsgetal wijst dan weer op dominante inertiaalkrachten waardoor de beweging chaotisch en moeilijk verloopt (turbulente stroming). Het omslagpunt (meestal een omslaggebied) is voor elke geometrie anders.

## Invoer

Vier reële getallen  $V$ ,  $L$ ,  $\rho$  en  $\mu$  die staan voor de grootheden zoals die gebruikt worden in de formule voor het Reynoldsgetal (uitgedrukt in SI-eenheden). Elk van deze getallen staat op een afzonderlijke regel.

## Uitvoer

Een reëel getal dat staat voor het Reynoldsgetal berekend op basis van de vier grootheden gegeven in de invoer. Dit getal wordt op dezelfde regel gevolgd door een spatie en tussen ronde haakjes het type stroming dat overeenkomt met het berekende Reynoldsgetal. Voor Reynoldsgetallen kleiner dan 2000 is dit laminaire stroming, voor Reynoldsgetallen tussen 2000 en 4000 is dit omslagstroming, en voor Reynoldsgetallen groter dan 4000 is dit turbulente stroming.

## Voorbeeld

### Invoer:

40.2  
2.0  
991.0  
72.0

### Uitvoer:

1106.616667 (laminaire stroming)

## **Epiloog**