

Sesión 2. Modelos físicos en OpenFOAM

E. Martín¹, M. Meis^{1,2} y F. Varas¹

¹Univ. de Vigo, ²Vicus Desarrollos Tecnológicos

Dinámica de fluidos computacional con OpenFOAM
18–20 de Junio de 2014



Unión Europea
FEDER



Invertimos en su futuro

Proyecto CloudPYME

El proyecto CloudPYME (ID 0682_CLOUDPYME2_1_E) está cofinanciado por la Comisión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), dentro de la tercera convocatoria de proyectos del Programa Operativo de Cooperación Transfronteriza España–Portugal 2007–2013 (POCTEP).



Unión Europea
FEDER

Invertimos en su futuro



Plan

- 1 Modelos de la dinámica de fluidos
- 2 Modelos físicos en OpenFOAM
 - Principales grupos de modelos
 - Otros grupos de modelos

Plan

- 1 Modelos de la dinámica de fluidos
- 2 Modelos físicos en OpenFOAM
 - Principales grupos de modelos
 - Otros grupos de modelos

Leyes de conservación

Ecuación de conservación de materia

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \vec{v}) = 0$$

Ecuación de conservación de momentos

$$\rho \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \rho (\vec{v} \cdot \vec{\nabla}) \vec{v} - \operatorname{div} \mathbb{T} = \rho \vec{f}$$

Ecuación de conservación de energía

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho c_p \vec{v} \cdot \vec{\nabla} T + \operatorname{div} \vec{q} = \mathbb{T} : \vec{\nabla} \vec{v} + \varphi$$

Leyes constitutivas

Flujos newtonianos

$$\mathbb{T} = -p\mathbb{I} + \mu \left(\vec{\nabla} \vec{v} + (\vec{\nabla} \vec{v})^T \right)$$

Flujos de calor

$$\vec{q} = \vec{q}_{cond} + \vec{q}_{rad}$$

$$\vec{q}_{cond} = -k \vec{\nabla} T$$

Ecuación de estado

$$F(\rho, p, T) = 0$$

Modelos límite

Algunas simplificaciones posibles

- incompresibilidad del flujo
- flujos sin transferencia de calor

Compresibilidad de fluido

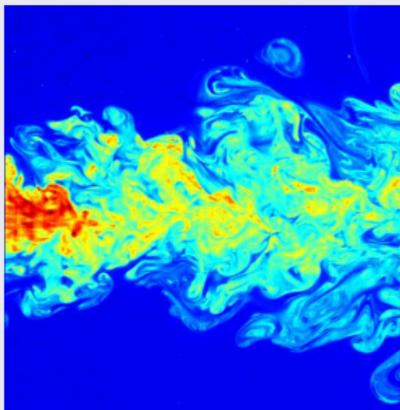
- efectos dinámicos: $\Delta\rho \sim \rho_0 Ma^2$
- efectos térmicos: $\Delta\rho \sim \left(\frac{\partial\rho}{\partial T}\right)_p \Delta T$

Algunos números adimensionales

- Mach: $Ma = U/c$
- Reynolds: $Re = \frac{\rho UL}{\mu}$

Limitaciones computacionales

Flujos a alto número de Reynolds



C. Fukushima and J. Westerweel, Technical University of Delft

Flujos laminares y turbulentos

- flujos laminares: DNS
- flujos turbulentos: modelado de fluctuaciones

Flujos potenciales

Hipótesis

- flujo perfecto (viscosidad despreciable)
- vorticidad nula

Flujo potencial incompresible

Con $\vec{v} = \nabla\varphi$:

$$\Delta\varphi = 0$$

Observaciones

- validez de hipótesis restrictiva
- formulación (muy) delicada en flujos externos

Flujos laminares isotermos

Hipótesis

- bajo número de Reynolds
- sin transferencia de calor

como consecuencia, flujo incompresible

Ecuaciones de Navier-Stokes incompresibles

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} - \nu \Delta \vec{v} + \frac{1}{\rho} \nabla p = \vec{f}$$

$$\operatorname{div} \vec{v} = 0$$

Flujos laminares isotermos

Algunos ejemplos

- microfluidica: MEMS, lab-on-a-chip
- flujo sanguíneo

Flujos turbulentos isotermos

Hipótesis

- elevado número de Reynolds
- bajo número de Mach
- sin transferencia de calor

como consecuencia, flujo incompresible

Modelado de la turbulencia

- Large Eddy Simulation (LES)
- Reynolds Averaged Navier–Stokes (RANS)

Flujos turbulentos isotermos

Ecuaciones de Navier-Stokes incompresibles

Ecuaciones promediadas/filtradas

$$\frac{\partial \vec{U}}{\partial t} + (\vec{U} \cdot \vec{\nabla}) \vec{U} - \nu \Delta \vec{U} + \frac{1}{\rho} \vec{\nabla} P + \text{div} \mathbb{T}' = \vec{f}$$

$$\text{div} \vec{U} = 0$$

Modelado de turbulencia ($\text{div} \mathbb{T}'$)

- Large Eddy Simulation (LES):
 - se resuelve hasta rango inercial (coste muy alto)
 - se modela el efecto de subescalas
- Reynolds Averaged Navier–Stokes (RANS):
 - se resuelve solo escalas muy grandes (coste moderado)
 - se modelan las escalas más reducidas
 - diferentes alternativas: $k - \epsilon$, $k - \omega$, Spalart-Allmaras

Flujos turbulentos isotermos

Algunos ejemplos

- aerodinámica de turismo
- análisis de aerogenerador
- hidrodinámica de buque
- aerodinámica de UAV (Unmanned Aerial Vehicle)
- análisis de turbina hidráulica

Flujos compresibles

Flujos con número de Mach no reducido

- efectos de compresibilidad apreciables
- formación de ondas de choque con Mach supersónico

Observaciones

- esquemas numéricos capaces de resolver choques
- flujos con efectos confinados de viscosidad

Flujos compresibles

Ecuaciones de Euler (compresibles)

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \vec{v}) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \vec{v}) + \operatorname{div}(\rho \vec{v} \otimes \vec{v}) + \vec{\nabla} p = \vec{0}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \mathbf{e}) + \operatorname{div}((\rho \mathbf{e} + p)\vec{v}) = 0$$

$$F(\rho, p, \mathbf{e}) = 0$$

Flujos compresibles

Algunos ejemplos

- aeroaves comerciales
- transbordador espacial
- Hyperloop

Flujos con transferencia de calor

Compresibilidad del fluido

- caso casi-incompresible: $\beta \Delta T \ll 1$
se toma $\rho = \rho_0$ en términos de inercia
se retienen fuerzas de flotación
- caso compresible
se considera ρ variable en todos términos

Coeficiente de expansión térmica $\beta = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right)_p$

En fluidos comunes

- agua (a 25C): $\beta \simeq 0.257 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$
- gases perfectos: $\beta = 1/T$

Flujos con transferencia de calor

Aproximación de Boussinesq

- con $\beta\Delta T \ll 1$:

$$\rho \simeq \rho_0 - \rho_0\beta(T - T_{ref})$$

Navier–Stokes incompresible y ec. energía

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \vec{\nabla}) \vec{v} - \operatorname{div} \frac{\mu}{\rho_0} \left(\vec{\nabla} \vec{v} + (\vec{\nabla} \vec{v})^T \right) + \frac{1}{\rho_0} \vec{\nabla} p' = -g\beta(T - T_{ref}) \vec{e}_g$$

$$\operatorname{div} \vec{v} = 0$$

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho c_p \vec{v} \cdot \vec{\nabla} T - \operatorname{div}(k \vec{\nabla} T) = \varphi$$

Flujos con transferencia de calor

Caso general: Navier–Stokes compresibles

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \vec{v}) = 0$$

$$\rho \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \rho (\vec{v} \cdot \vec{\nabla}) \vec{v} - \operatorname{div} \left(\mu \left(\vec{\nabla} \vec{v} + (\vec{\nabla} \vec{v})^T \right) \right) + \vec{\nabla} p = \rho g \vec{e}_g$$

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho c_p \vec{v} \cdot \vec{\nabla} T - \operatorname{div}(k \vec{\nabla} T) = \varphi$$

Flujos multifásicos

Descripción de flujos multifásicos

- Descripción discreta (Discrete Phase Models)
 - descripción euleriana de una fase continua
 - descripción lagrangiana de una fase dispersa
- Descripción continua (Continuous Phase Models)
 - descripción promediada de fases
 - modelos con una/dos ecuaciones

Flujos multifásicos

Algunos modelos continuos

- Modelo VOF (Volume Of Fluid)
 - una sola ecuación de momentos
 - mezcla se transporta a misma velocidad
- Modelo de mezcla
 - una sola ecuación de momentos (asume fase dispersa)
 - fase dispersa se puede transportar a velocidad diferente
- Modelo euleriano
 - dos ecuaciones (dos fases continuas)
 - modelado de intercambios entre ambas fases

Flujos multifásicos

Algunos ejemplos

- transporte de una burbuja/gota
- generación de vapor en ebullidor
- flujo en canal abierto

Flujos reactivos

Modelado de flujos reactivos

Además de leyes de conservación de masa, momento y energía:

- principio de conservación de cada especie

Además de leyes constitutivas:

- cinéticas de reacciones químicas

Observaciones

- en muchos casos, flujos multifásicos
- cinéticas químicas pueden ser muy complejas
(ej. combustión hace intervenir numerosos radicales)

Flujos reactivos

Algunos ejemplos

- reactor químico
- cilindro de un motor alternativo
- cámara de combustión de una turbina de gases
- caldera de una central térmica

Modelos no continuos

Dinámica molecular

Se describen interacciones entre (muy grandes) poblaciones de partículas

Algunos campos de aplicación

- Nanofluídica
- Flujos granulares
- Líneas de contacto dinámicas
- Cosmología

Acoplamiento fluido–estructura

Modelado de acoplamiento

Modelo acoplado:

- modelado estructural
- modelado fluidodinámico

En general, desplazamientos finitos:

- no linealidad geométrica en estructura
- modelado fluidodinámico sobre geometría variable

Ejemplos

- vibraciones en estructuras offshore
- fenómenos aeroelásticos (flutter)

Plan

- 1 Modelos de la dinámica de fluidos
- 2 Modelos físicos en OpenFOAM
 - Principales grupos de modelos
 - Otros grupos de modelos

Modelos físicos en OpenFOAM

Principales grupos de modelos

- modelos básicos
- flujos incompresibles
- flujos compresibles
- transferencia de calor
- flujos multifásicos
- flujos reactivos

Modelos físicos en OpenFOAM (cont.)

Otros grupos de modelos

- transporte de partículas
- electromagnetismo
- dinámica molecular
- mecánica de sólidos
- otros

Referencias

- <http://www.openfoam.org/features>
- OpenFOAM User Guide (sección 3.5)

Plan

- 1 Modelos de la dinámica de fluidos
- 2 Modelos físicos en OpenFOAM
 - Principales grupos de modelos
 - Otros grupos de modelos

Modelos básicos

Modelos básicos en OpenFOAM

- Flujos potenciales
- Ecuación de transporte

'Basic' CFD codes

laplacianFoam

Solves a simple Laplace equation, e.g. for thermal diffusion in a solid

potentialFoam

Simple potential flow solver which can be used to generate starting fields for full Navier-Stokes codes

scalarTransportFoam

Solves a transport equation for a passive scalar

Archivo `scalarTransportFoam.C`

```
solve ( fvm::ddt(T) + fvm::div(phi,T) -  
fvm::laplacian(DT,T) );
```

Flujos incompresibles

Modelos incompresibles en OpenFOAM

- flujos laminares
- flujos turbulentos
 - Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS):
<http://www.openfoam.org/features/RAS.php>
 - Large Eddy Simulation (LES):
<http://www.openfoam.org/features/LES.php>

Principales *solvers*

- icoFoam: flujo transitorio laminar
- pisoFoam: flujo transitorio laminar/turbulento
- simpleFoam: flujo estacionario laminar/turbulento

Flujos incompresibles (cont.)

Incompressible flow

<i>adjointShapeOptimizationFoam</i>	Steady-state solver for incompressible, turbulent flow of non-Newtonian fluids with optimisation of duct shape by applying "blockage" in regions causing pressure loss as estimated using an adjoint formulation
<i>boundaryFoam</i>	Steady-state solver for incompressible, 1D turbulent flow, typically to generate boundary layer conditions at an inlet, for use in a simulation
<i>icoFoam</i>	Transient solver for incompressible, laminar flow of Newtonian fluids
<i>nonNewtonianIcoFoam</i>	Transient solver for incompressible, laminar flow of non-Newtonian fluids
<i>pimpleDyMFoam</i>	Transient solver for incompressible, flow of Newtonian fluids on a moving mesh using the PIMPLE (merged PISO-SIMPLE) algorithm
<i>pimpleFoam</i>	Large time-step transient solver for incompressible, flow using the PIMPLE (merged PISO-SIMPLE) algorithm
<i> pisoFoam</i>	Transient solver for incompressible flow
<i>porousSimpleFoam</i>	Steady-state solver for incompressible, turbulent flow with implicit or explicit porosity treatment
<i>shallowWaterFoam</i>	Transient solver for inviscid shallow-water equations with rotation
<i>simpleFoam</i>	Steady-state solver for incompressible, turbulent flow
<i>SRFSimpleFoam</i>	Steady-state solver for incompressible, turbulent flow of non-Newtonian fluids in a single rotating frame
<i>SRFPimpleFoam</i>	Large time-step transient solver for incompressible, flow in a single rotating frame using the PIMPLE (merged PISO-SIMPLE) algorithm.

Flujos compresibles

Modelos compresibles en OpenFOAM

- flujos subsónicos laminares/turbulentos (RANS)
- flujos transónicos/supersónicos

Principales *solvers*

- `rhoSimpleFoam`: flujo estacionario laminar/turbulento
- `rhoPimpleFoam`: flujo transitorio laminar/turbulento
- `sonicFoam`: flujo transitorio transónico/supersónico
- `rhoCentralFoam`: flujo transitorio transónico/supersónico

Flujos compresibles (cont.)

Compressible flow

rhoCentralDyMFoam

Density-based compressible flow solver based on central-upwind schemes of Kurganov and Tadmor with moving mesh capability and turbulence modelling

rhoCentralFoam

Density-based compressible flow solver based on central-upwind schemes of Kurganov and Tadmor

rhoLTSPimpleFoam

Transient solver for laminar or turbulent flow of compressible fluids with support for run-time selectable finite volume options, e.g. MRF, explicit porosity

rhoPimplecFoam

Transient solver for laminar or turbulent flow of compressible fluids for HVAC and similar applications

rhoPimpleFoam

Transient solver for laminar or turbulent flow of compressible fluids for HVAC and similar applications

rhoPorousSimpleFoam

Steady-state solver for turbulent flow of compressible fluids with RANS turbulence modelling, implicit or explicit porosity treatment and run-time selectable finite volume sources

rhoSimplecFoam

Steady-state SIMPLEC solver for laminar or turbulent RANS flow of compressible fluids

rhoSimpleFoam

Steady-state SIMPLE solver for laminar or turbulent RANS flow of compressible fluids

sonicDyMFoam

Transient solver for trans-sonic/supersonic, laminar or turbulent flow of a compressible gas with mesh motion

sonicFoam

Transient solver for trans-sonic/supersonic, laminar or turbulent flow of a compressible gas

sonicLiquidFoam

Transient solver for trans-sonic/supersonic, laminar flow of a compressible liquid

Flujos con transferencia de calor

Modelos de flujos con transferencia de calor en OpenFOAM

- flujos incompresibles (hipótesis de Boussinesq)
- flujos compresibles

Principales *solvers*

- `buoyantBoussinesqSimpleFoam`
flujo estacionario laminar/turbulento incompresible
- `buoyantBoussinesqPimpleFoam`
flujo transitorio laminar/turbulento incompresible
- `buoyantSimpleFoam`
flujo estacionario laminar/turbulento compresible
- `buoyantPimpleFoam`
flujo transitorio laminar/turbulento compresible

Flujos con transferencia de calor (cont.)

Heat transfer and buoyancy-driven flows

buoyantBoussinesqPimpleFoam

Transient solver for buoyant, turbulent flow of incompressible fluids

buoyantBoussinesqSimpleFoam

Steady-state solver for buoyant, turbulent flow of incompressible fluids

buoyantPimpleFoam

Transient solver for buoyant, turbulent flow of compressible fluids for ventilation and heat-transfer

buoyantSimpleFoam

Steady-state solver for buoyant, turbulent flow of compressible fluids

chtMultiRegionFoam

Combination of *heatConductionFoam* and *buoyantFoam* for conjugate heat transfer between a solid region and fluid region

chtMultiRegionSimpleFoam

Steady-state version of *chtMultiRegionFoam*

thermoFoam

Evolves the thermodynamics on a frozen flow field

Flujos multifásicos

Algunos modelos multifásicos en OpenFOAM

- flujos incompresibles de fluidos inmiscibles
- flujos compresibles de fluidos inmiscibles
- flujos bifásicos con fase dispersa

Solvers más sencillos

- `interFoam`
flujo laminar/turbul. de dos fluidos incompresibles (VOF)
- `compressibleInterFoam`
flujo laminar/turbulento de dos fluidos compresibles (VOF)
- `twoPhaseEulerFoam`
flujo multifásico con una fase dispersa

Flujos multifásicos

Multiphase flow

<i>cavitatingDyMFoam</i>	Transient cavitation code based on the homogeneous equilibrium model from which the compressibility of the liquid/vapour "mixture" is obtained, with optional mesh motion and mesh topology changes including adaptive re-meshing
<i>cavitatingFoam</i>	Transient cavitation code based on the homogeneous equilibrium model from which the compressibility of the liquid/vapour "mixture" is obtained
<i>compressibleInterDyMFoam</i>	Solver for 2 compressible, non-isothermal immiscible fluids using a VOF (volume of fluid) phase-fraction based interface capturing approach, with optional mesh motion and mesh topology changes including adaptive re-meshing
<i>compressibleInterFoam</i>	Solver for 2 compressible, isothermal immiscible fluids using a VOF (volume of fluid) phase-fraction based interface capturing approach
<i>compressibleMultiphaseInterFoam</i>	Solver for n compressible, non-isothermal immiscible fluids using a VOF (volume of fluid) phase-fraction based interface capturing approach
<i>interFoam</i>	Solver for 2 incompressible, isothermal immiscible fluids using a VOF (volume of fluid) phase-fraction based interface capturing approach
<i>interDyMFoam</i>	Solver for 2 incompressible, isothermal immiscible fluids using a VOF (volume of fluid) phase-fraction based interface capturing approach, with optional mesh motion and mesh topology changes including adaptive re-meshing.
<i>interMixingFoam</i>	Solver for 3 incompressible fluids, two of which are miscible, using a VOF method to capture the interface

Flujos multifásicos

<i>LTSInterFoam</i>	Local time stepping (LTS, steady-state) solver for 2 incompressible, isothermal immiscible fluids using a VOF (volume of fluid) phase-fraction based interface capturing approach
<i>MRFInterFoam</i>	Multiple reference frame (MRF) solver for 2 incompressible, isothermal immiscible fluids using a VOF (volume of fluid) phase-fraction based interface capturing approach
<i>MRFMultiphaseInterFoam</i>	Multiple reference frame (MRF) solver for n incompressible fluids which captures the interfaces and includes surface-tension and contact-angle effects for each phase
<i>multiphaseEulerFoam</i>	Solver for a system of many compressible fluid phases including heat-transfer
<i>multiphaseInterFoam</i>	Solver for n incompressible fluids which captures the interfaces and includes surface-tension and contact-angle effects for each phase
<i>porousInterFoam</i>	Solver for 2 incompressible, isothermal immiscible fluids using a VOF (volume of fluid) phase-fraction based interface capturing approach, with explicit handling of porous zones
<i>potentialFreeSurfaceFoam</i>	Incompressible Navier-Stokes solver with inclusion of a wave height field to enable single-phase free-surface approximations
<i>settlingFoam</i>	Solver for 2 incompressible fluids for simulating the settling of the dispersed phase
<i>twoLiquidMixingFoam</i>	Solver for mixing 2 incompressible fluids
<i>twoPhaseEulerFoam</i>	Solver for a system of 2 incompressible fluid phases with one phase dispersed, e.g. gas bubbles in a liquid

Flujos reactivos

Modelos reactivos en OpenFOAM

- flujos reactivos (genéricos)
- modelos de llamas premezcladas
- modelos de llamas de difusión
- combustión de sprays

Algunos solvers

- `reactingFoam`: solver genérico para flujos reactivos
- `fireFoam`: solver para llamas de difusión (incl. fuentes lagrangianas, pirólisis, etc.)
- `XiFoam`: solver para llamas premezcladas (modelos específicos de turbulencia)

Flujos reactivos

Combustion

<i>chemFoam</i>	Solver for chemistry problems - designed for use on single cell cases to provide comparison against other chemistry solvers - single cell mesh created on-the-fly - fields created on the fly from the initial conditions
<i>coldEngineFoam</i>	Solver for cold-flow in internal combustion engines
<i>engineFoam</i>	Solver for internal combustion engines
<i>fireFoam</i>	Transient Solver for Fires and turbulent diffusion flames
<i>LTSReactingFoam</i>	Local time stepping (LTS) solver for steady, compressible, laminar or turbulent reacting and non-reacting flow
<i>PDRFoam</i>	Solver for compressible premixed/partially-premixed combustion with turbulence modelling
<i>reactingFoam</i>	Solver for combustion with chemical reactions
<i>rhoReactingBuoyantFoam</i>	Solver for combustion with chemical reactions using density based thermodynamics package, using enhanced buoyancy treatment
<i>rhoReactingFoam</i>	Solver for combustion with chemical reactions using density based thermodynamics package
<i>XiFoam</i>	Solver for compressible premixed/partially-premixed combustion with turbulence modelling

Plan

- 1 Modelos de la dinámica de fluidos
- 2 Modelos físicos en OpenFOAM
 - Principales grupos de modelos
 - Otros grupos de modelos

Transporte de partículas

Particle-tracking flows

<i>coalChemistryFoam</i>	Transient solver for: - compressible, - turbulent flow, with - coal and limestone parcel injections, - energy source, and - combustion
<i>DPMFoam</i>	Transient solver for the coupled transport of a single kinematic particle cloud including the effect of the volume fraction of particles on the continuous phase
<i>icoUncoupledKinematicParcelDyMFoam</i>	Transient solver for the passive transport of a single kinematic particle cloud
<i>icoUncoupledKinematicParcelFoam</i>	Transient solver for the passive transport of a single kinematic particle cloud
<i>LTSReactingParcelFoam</i>	Local time stepping (LTS) solver for steady, compressible, laminar or turbulent reacting and non-reacting flow with multiphase Lagrangian parcels and porous media, including explicit sources for mass, momentum and energy
<i>reactingParcelFilmFoam</i>	Transient PISO solver for compressible, laminar or turbulent flow with reacting Lagrangian parcels, and surface film modelling
<i>reactingParcelFoam</i>	Transient PIMPLE solver for compressible, laminar or turbulent flow with reacting multiphase Lagrangian parcels, including run-time selectable finite volume options, e.g. sources, constraints
<i>simpleReactingParcelFoam</i>	Steady state SIMPLE solver for compressible, laminar or turbulent flow with reacting multiphase Lagrangian parcels, including run-time selectable finite volume options, e.g. sources, constraints
<i>sprayEngineFoam</i>	Transient PIMPLE solver for compressible, laminar or turbulent engine flow with spray parcels
<i>sprayFoam</i>	Transient PIMPLE solver for compressible, laminar or turbulent flow with spray parcels
<i>uncoupledKinematicParcelFoam</i>	Transient solver for the passive transport of a single kinematic particle cloud

Otras físicas

Molecular dynamics methods

mdEquilibrationFoam

Equilibrates and/or preconditions molecular dynamics systems

mdFoam

Molecular dynamics solver for fluid dynamics

Direct simulation Monte Carlo methods

dsmcFoam

Direct simulation Monte Carlo (DSMC) solver for 3D, transient, multi- species flows

Electromagnetics

electrostaticFoam

Solver for electrostatics

magneticFoam

Solver for the magnetic field generated by permanent magnets

mhdFoam

Solver for magnetohydrodynamics (MHD): incompressible, laminar flow of a conducting fluid under the influence of a magnetic field

Stress analysis of solids

solidDisplacementFoam

Transient segregated finite-volume solver of linear-elastic, small-strain deformation of a solid body, with optional thermal diffusion and thermal stresses

solidEquilibriumDisplacementFoam

Steady-state segregated finite-volume solver of linear-elastic, small-strain deformation of a solid body, with optional thermal diffusion and thermal stresses

Fuentes de información

OpenCFD

- Tutoriales de OpenFOAM
- Código fuente de OpenFOAM

Comunidad de usuarios

- <http://openfoamwiki.net>
- Curso de CFD basado en OpenFOAM en:
<http://www.tfd.chalmers.se/~hani>
- OpenFOAM Workshop
<http://openfoamworkshop.org>