

COMSOL Multiphysics

- Учебное пособие на русском языке
<http://books.ifmo.ru/book/pdf/107.pdf>

COMSOL Multiphysics (www.comsol.com) – программный пакет, предназначенный для конечно-элементного анализа в различных областях физики и инженерного дела, включая рассмотрение связанных (мультифизических) задач.

Среди рассматриваемых дисциплин — механика конструкций, теплоперенос, инженерная химия (в том числе с учётом химической кинетики), электротехника, акустика, геофизика, связанные явления на микроуровне, оптические и высокочастотные эффекты.

Для анализа в рамках конкретной дисциплины предназначен специализированный модуль, а для расчёта связанных задач между всеми модулями осуществляется эффективное взаимодействие.

Уникальной чертой **COMSOL Multiphysics** является способность использовать возможности MATLAB.

COMSOL Multiphysics обеспечивает эффективный обмен данными с популярными продуктами геометрического моделирования (Autodesk, Inventor, SolidWorks, CATIA, Pro/E, NX, SolidEdge и т.д.).

COMSOL Multiphysics реализован для ОС Windows, Mac, Linux, UNIX.

В состав **COMSOL Multiphysics** входят следующие модули.

Structural Mechanics Module — предназначен для анализа систем и компонентов при деформировании твёрдых тел.

Для рассмотрения специфических конструкций применяются модели оболочек, балок и пластин.

Модуль позволяет решить статические и динамические задачи, в частности, рассчитать собственные колебания, провести квази-статический анализ, определить частотно-зависимый отклик системы. 3D- и 2D-модели воспроизводят плоско-напряжённое, плоско-деформированное, осесимметричное состояния с учётом упруго-пластического и гиперпластического материала, а также больших деформаций.

Данный модуль обеспечивает взаимодействие с другими модулями в целях анализа конструкций при действии различных физических эффектов.

Примеры анализа:

- расчёт конструкции при акустическом воздействии;
- биомеханика и биоинжиниринг;
- устойчивость;
- упруго-пластический и гиперупругий анализ;
- расчёт электромеханических устройств;
- механика разрушения;
- мультифизический контакт;
- пьезоэлектрический эффект;
- механика полимеров;
- оптические эффекты при деформировании;
- трение с учётом температуры;
- термо-напряжённые конструкции;
- вязко-упругость и термическая ползучесть;
- вязкопластичность.

Heat transfer Module — модуль, рассматривающий теплоперенос при помощи теплопроводности, конвекции и излучения.

Возможен расчёт излучения между поверхностями, неизотермического теплового потока, теплообмена в тонкослойных и оболочечных конструкциях, теплопереноса в биотканях.

Примеры:

- тепловая терапия в биоинженерии;
- литьё и другие термические процессы;
- конвекционное охлаждение в электронике и силовой электротехнике;
- сушка и сублимационная сушка;
- приготовление пищи, охлаждение и стерилизация;
- сварка трением;
- расчёт печей и горелок;
- расчёт теплообменников;
- обогрев, вентиляция и кондиционирование в строительстве;
- термообработка;
- расчёт тормозных дисков, рёбер охлаждения и выхлопных труб;
- процессы с излучением в вакууме;
- сварка.

Acoustics Module — решение мирового уровня для моделирования акустических явлений.

Лёгкий в использовании, модуль позволяет рассчитывать распространение волн в воздухе, воде и других средах, в том числе в грунте.

Предназначен специально для расчёта с позиций классической акустики устройств, производящих, измеряющих и использующих акустические волны.

Примеры:

- акустическое воздействие на конструкцию;
- аэроакустика;
- слуховые аппараты;
- громкоговорители и микрофоны;
- медицинский ультразвук и воздействие на ткани организма;
- акустические датчики;
- шумовые и вибрационные характеристики промышленных установок;
- уменьшение шумовыделения;
- неразрушающий контроль;
- звуковая локация.

Chemical Engineering Module — совершенное средство анализа химических и связанных процессов.

Модуль особенно удобен при рассмотрении процессов с одновременным учётом механики жидкостей и газов или транспортировки массы (энергии) и химической кинетики.

Примеры:

- химические реакторы, биореакторы и кристаллизаторы;
- хроматография и электрофорез;
- коррозия;
- циклоны, сепараторы, поглотители, травители;
- фильтрация и осаждение;
- топливные элементы и батареи;
- теплообменники и миксеры;
- гомогенное и гетерогенное двухфазное течение;
- микроэлектроника;
- мультикомпоненты и мембранный перенос;
- течение со структурным ядром и трубчатые реакторы;
- полимеризация и динамика неньютоновых жидкостей;
- двигатели внутреннего сгорания;
- реформинг и каталитические конвертеры.

Comsol reaction engineering lab — предназначен для моделирования химически реагирующих систем.

Определяет баланс материалов и энергии таких систем, включая кинетику реакций, когда состав и температура изменяются только во времени. Взаимодействует с модулем **Chemical Engineering**.

Примеры:

- аналитическая химия и криминалистика;
- биохимия и продукты питания;
- каталитическое горение и реформинг нефтепродуктов;
- химия горения;
- химия атмосферы и окружающей среды;
- контроль выбросов;
- гомогенный и гетерогенный катализ;
- промышленная химия и технология;
- кинетика химических реакторов;
- химия материалов и твёрдых тел;
- петрохимия и каталитическое растрескивание;
- фармацевтический синтез;
- кинетика полимеризации и изготовления;
- изготовление полупроводников;
- кинетика химии поверхностей и адсорбция.

AC/DC Module — модуль для расчёта электромагнитных эффектов, включая электростатику, магнитостатику, электромагнитную квази-статику.

Имеет в своём составе библиотеку специальных элементов для 2D и 3D моделирования.

Примеры:

- конденсаторы, индукторы и резисторы;
- управление в цепях;
- электросварка и электрический разряд;
- электромагнитная совместимость и интерференция;
- преобразователи, датчики и трансформаторы;
- изоляция и проводимость;
- магнитостатическое и электромагнитное экранирование;
- моторы, генераторы и другие электромеханические машины;
- эффект Пельтье;
- плазма и магнитная гидродинамика;
- распространение шума от электромагнитных устройств;
- микроволновый нагрев.

MEMS Module — модуль для анализа физических явлений на микроуровне. Моделирует физику процессов в силовозбудителях, датчиках, микрожидкостных и небольших пьезоэлектрических устройствах.

Возможен как статический, так и переходный анализ.

Примеры:

- акселерометры;
- силовозбудители;
- химические и биохимические датчики;
- взаимодействие конструкции и жидкости в микроканалах;
- гетерогенное двухфазное течение в микроканалах;
- микроструйные технологии;
- акустические микропреобразователи;
- микроконденсаторы, термические микроустройства, микрореакторы, микронасосы, микромиксеры;
- микроволновые датчики;
- пьезоэлектрические и пьезорезистивные устройства;
- SAW датчики и фильтры.

RF Module — модуль, предназначенный для расчёта эффектов в диапазоне радиоволн.

Окажется полезным при рассмотрении антенн, волноводов, различных микроволновых и оптических приборов.

В среде постпроцессора имеется возможность вычислить S-параметр и провести анализ удалённых полей.

Примеры:

- антенны, волноводы, объёмные резонаторы;
- антенные решётки Блоха-Флоке;
- циркуляторы и направленные ответвители;
- высокоскоростные коммутаторы;
- метаматериалы;
- микроволновый и RF нагрев;
- микроволновое лечение рака;
- микроволновые устройства;
- микроволновое спекание;
- каротаж нефтяных скважин и морского дна;
- волновая дисперсия;
- оптические эффекты при механическом напряжении в волноводах и фототехнике;
- анализ S-параметра антенн;
- термомеханические эффекты в антеннах и волноводах;
- термическое воздействие на ткани организма от сотовых телефонов;
- линии электропередачи.

Earth Science Module — модуль для анализа подземных течений.

Создан специально для исследования течения нефти и газа в пористой среде, моделирования подземных стоков, распространения загрязнения через грунт.

Реализованы уравнения Ричардса, Навье-Стокса, Дарси и Бринкмана.

Примеры:

- течение, адвекция и диффузия в лиманах и прибрежных полосах;
- хранение газа;
- магнитогидродинамика магмы;
- механическая и гравитационная сушка пористых и волокнистых материалов;
- нефтедобыча;
- загрязнение под землёй, на поверхности земли и в атмосфере;
- уплотнение и осадка пористых упругих сред, их напряжённое состояние и разрушение;
- насыщенный и ненасыщенный поток в пористой среде;
- течение на мелководье и транспортировка осадков;
- одно- и многофазное течение сквозь пористую среду;
- анализ горизонта грунтовых вод и вторжение солёных вод;
- анализ устья скважины.

Optimization Lab — обеспечивает современный уровень в широком диапазоне задач оптимизации в комбинации с другими модулями **COMSOL Multiphysics**.

Включает топологическую оптимизацию и инверсное моделирование.

Примеры:

- оптимизация толщины маховика для получения равномерного поля радиальных напряжений;
- оптимизация степени пористости материала для минимизации скорости потока;
- оптимизация каталитического микрореактора для максимизации скорости реакции в растворе;
- выявление параметра SPICE полупроводникового диода при использовании инверсного моделирования;
- топологическая оптимизация конструкции типа «колесо»;
- оптимизация формы рупора с точки зрения уровня удалённого звука;
- оценка термического рассеяния в набивке фильтра на основе метода наименьших квадратов;
- определение пространственно изменяемой гидравлической проводимости насоса водоносного пласта;
- оптимизация формы дипольной антенны;
- анализ чувствительности S-параметра и оптимизация 90-градусного микроволнового гнутого волновода;
- определение критической скорости разделения вала и соединённого с ним устройства.

Cad Import Module — модуль, обеспечивающий импорт геометрических моделей, записанных в форматах STEP, IGES, ACIS (SAT) и Parasolid, а также экспорт моделей, созданных в **COMSOL Multiphysics**.

CAE-Services Llc

COMSOL COMMERCIAL, January 2009

Perpetual License	Single User	Up-Grade for Single User	TECS for Single User	Floating Network	Up-Grade for Floating Network	TECS for Floating Network
COMSOL Multiphysics	€ 9 595,00	€ 1 919,00	€ 4 797,50	€ 18 995,00	€ 3 799,00	€ 9 497,50
Material Library	€ 2 395,00	€ 479,00	€ 1 197,50	€ 4 795,00	€ 959,00	€ 2 397,50
AC/DC Module	€ 4 195,00	€ 839,00	€ 2 097,50	€ 8 395,00	€ 1 679,00	€ 4 197,50
Acoustics Module	€ 5 995,00	€ 1 199,00	€ 2 997,50	€ 11 995,00	€ 2 399,00	€ 5 997,50
Chemical Engineering Module	€ 4 195,00	€ 839,00	€ 2 097,50	€ 8 395,00	€ 1 679,00	€ 4 197,50
Earth Science Module	€ 4 195,00	€ 839,00	€ 2 097,50	€ 8 395,00	€ 1 679,00	€ 4 197,50
Heat Transfer Module	€ 4 195,00	€ 839,00	€ 2 097,50	€ 8 395,00	€ 1 679,00	€ 4 197,50
MEMS Module	€ 5 995,00	€ 1 199,00	€ 2 997,50	€ 11 995,00	€ 2 399,00	€ 5 997,50
RF Module	€ 4 195,00	€ 839,00	€ 2 097,50	€ 8 395,00	€ 1 679,00	€ 4 197,50
Structural Mechanics Module	€ 4 195,00	€ 839,00	€ 2 097,50	€ 8 395,00	€ 1 679,00	€ 4 197,50
Reaction Engineering Lab	€ 4 195,00	€ 839,00	€ 2 097,50	€ 8 395,00	€ 1 679,00	€ 4 197,50
Optimization Lab	€ 1 095,00	€ 219,00	€ 547,50	€ 2 195,00	€ 439,00	€ 1 097,50
COMSOL CAD Import Module	€ 2 395,00	€ 479,00	€ 1 197,50	€ 4 795,00	€ 959,00	€ 2 397,50
Need COMSOL CAD Import Module:						
COMSOL CATIA V4 Import Module	€ 3 595,00	€ 1 078,50	€ 1 797,50	€ 7 195,00	€ 2 158,50	€ 3 597,50
COMSOL CATIA V5 Import Module	€ 5 995,00	€ 1 798,50	€ 2 997,50	€ 11 995,00	€ 3 598,50	€ 5 997,50
COMSOL Inventor Import Module	€ 3 595,00	€ 719,00	€ 1 797,50	€ 7 195,00	€ 1 439,00	€ 3 597,50
COMSOL Pro/ENGINEER Import Module	€ 3 595,00	€ 719,00	€ 1 797,50	€ 7 195,00	€ 1 439,00	€ 3 597,50
COMSOL VDA-FS Import Module	€ 2 395,00	€ 479,00	€ 1 197,50	€ 4 795,00	€ 959,00	€ 2 397,50

CAE-Services Llc

Perpetual Class Kit License for 30 concurrent students + 2 teaching assistants (FNL or CPU)

COMSOL Multiphysics	€ 3 595,00
Material Library	€ 1 245,00
AC/DC Module	€ 1 245,00
Acoustics Module	€ 1 245,00
Chemical Engineering Module	€ 1 245,00
Earth Science Module	€ 1 245,00
Heat Transfer Module	€ 1 245,00
MEMS Module	€ 1 245,00
RF Module	€ 1 245,00
Structural Mechanics Module	€ 1 245,00
Reaction Engineering Lab	€ 1 245,00
Optimization Lab	€ 695,00
COMSOL CAD Import Module	€ 1 245,00

COMSOL CATIA V4 Import Module	N/A
COMSOL CATIA V5 Import Module	N/A
COMSOL Inventor Import Module	N/A
COMSOL Pro/ENGINEER Import Module	N/A
COMSOL VDA-FS Import Module	N/A

CAE-Services Llc

PRICE LIST

COMSOL ACADEMIC DISCOUNT PLAN, January 2009

Perpetual License	Single User	Floating Network
COMSOL Multiphysics	€ 1 895,00	€ 1 895,00
Material Library	€ 695,00	€ 695,00
AC/DC Module	€ 995,00	€ 995,00
Acoustics Module	€ 995,00	€ 995,00
Chemical Engineering Module	€ 995,00	€ 995,00
Earth Science Module	€ 995,00	€ 995,00
Heat Transfer Module	€ 995,00	€ 995,00
MEMS Module	€ 995,00	€ 995,00
RF Module	€ 995,00	€ 995,00
Structural Machanics Module	€ 995,00	€ 995,00
Reaction Engineering Lab	€ 995,00	€ 995,00
Optimization Lab	€ 295,000	€ 295,000

COMSOL CAD Import Module	€ 695,00	€ 695,00
Need COMSOL CAD Import Module:		
COMSOL CATIA V4 Import Module	€ 3 595,00	€ 7 195,00
COMSOL CATIA V5 Import Module	€ 5 995,00	€ 11 995,00
COMSOL Inventor Import Module	€ 3 595,00	€ 7 195,00
COMSOL Pro/ENGINEER Import Module	€ 3 595,00	€ 7 195,00
COMSOL VDA-FS Import Module	€ 2 395,00	€ 4 795,00