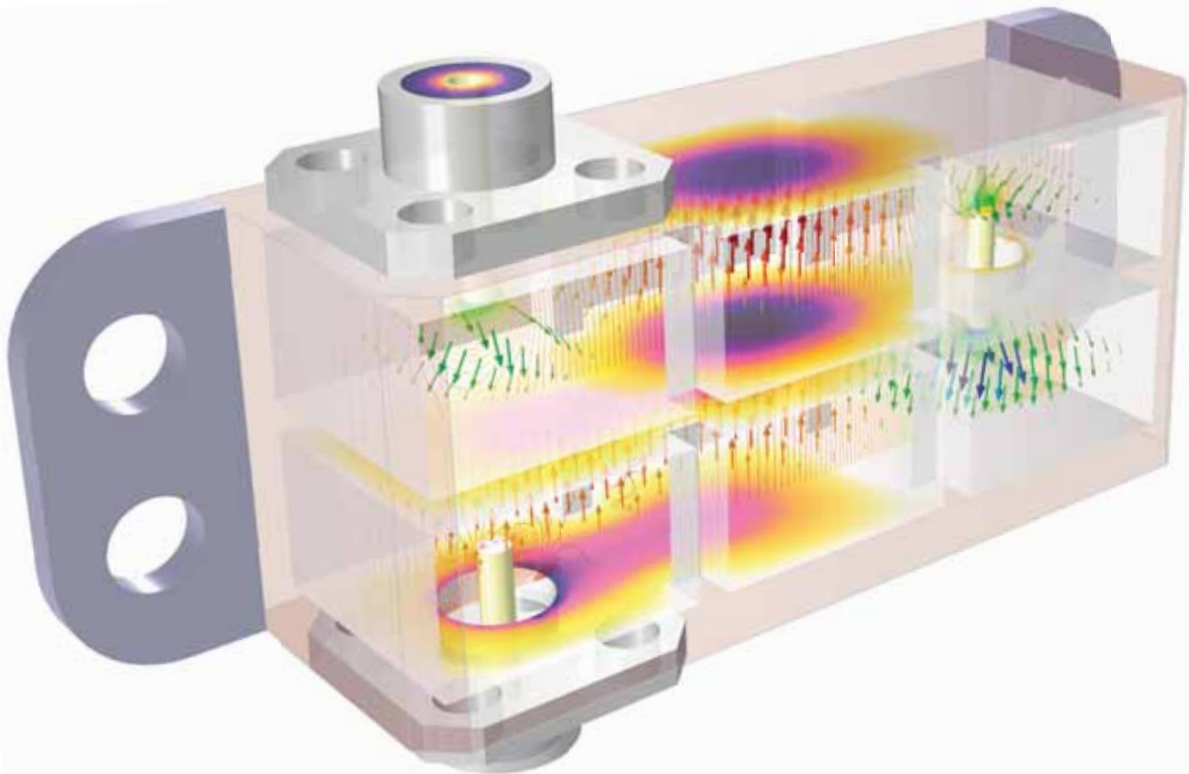


Simulate real-world designs, devices, and processes with multiphysics software from COMSOL



다중물리현상 해석을 위한 COMSOL Multiphysics®

COMSOL Multiphysics®는 다양한 이/공학분야에서 물리적인 현상을 모델링하고, 시뮬레이션 하는데 필요한 기술을 제공합니다. 1차원, 2차원, 3차원에서 원하는 모델을 쉽게 구축할 수 있으며, 모델과 관련된 다양한 물리 현상을 제한 없이 추가하여 모델을 만들 수 있고, 한번의 해석을 통하여 선택한 모든 물리현상에 대한 결과를 손쉽게 얻을 수 있습니다.

ALTSOFT

COMSOL

About COMSOL Multiphysics®

COMSOL Multiphysics®은 COMSOL AB사에서 개발한 제품으로서, 1998년 FEMLAB 제품명으로 최초로 출시되었고, 2005년 제품명을 COMSOL Multiphysics®로 변경하여 현재까지 지속적으로 다양한 개선된 기능들을 포함하여 개발되고 있습니다.

COMSOL Multiphysics®은 편미분 방정식(PDE)으로 구성된 다중 물리현상(Multiphysics)해석을 위해 유한요소법(FEM)을 이용하여 해석하는 시뮬레이션 소프트웨어입니다.

COMSOL Multiphysics®은 과학자나 엔지니어, 초보자부터 전문가까지 모델링 진행 과정을 쉽게 파악할 수 있는 GUI를 제공하고 있습니다. GUI는 모델구성의 전체적 흐름을 파악할 수 있는 Model Builder와 모델링 중 각 부분마다 값을 즉시 입력 또는 조정할 수 있는 COMSOL Desktop® 이라 불리는 독자적인 환경으로 구성되어 있습니다. 이를 이용하면 모델 접근성이 한결 쉬워지며, 불필요한 부분을 생략할 수 있습니다.

COMSOL Multiphysics®시뮬레이션 환경은 형상 그리기, 물성/경계 조건 입력, 메시 생성, 해석, 결과 출력 등의 모든 단계를 쉽게 다룰 수 있습니다.

열/유동, 전자기, 구조, 음향, 화학반응 등 모듈에서 제공하는 여러 분야의 선 정의된 인터페이스를 이용하면 모델 구성이 빠르며, 물성/경계 조건은 시공간 및 종속변수를 포함한 임의의 함수로 설정할 수 있습니다.

선 정의된 다중물리 인터페이스를 통해 다양한 문제를 풀 수 있으며, 서로 다른 물리현상을 사용자가 직접 선택하여 상관관계를 구현할 수도 있습니다.

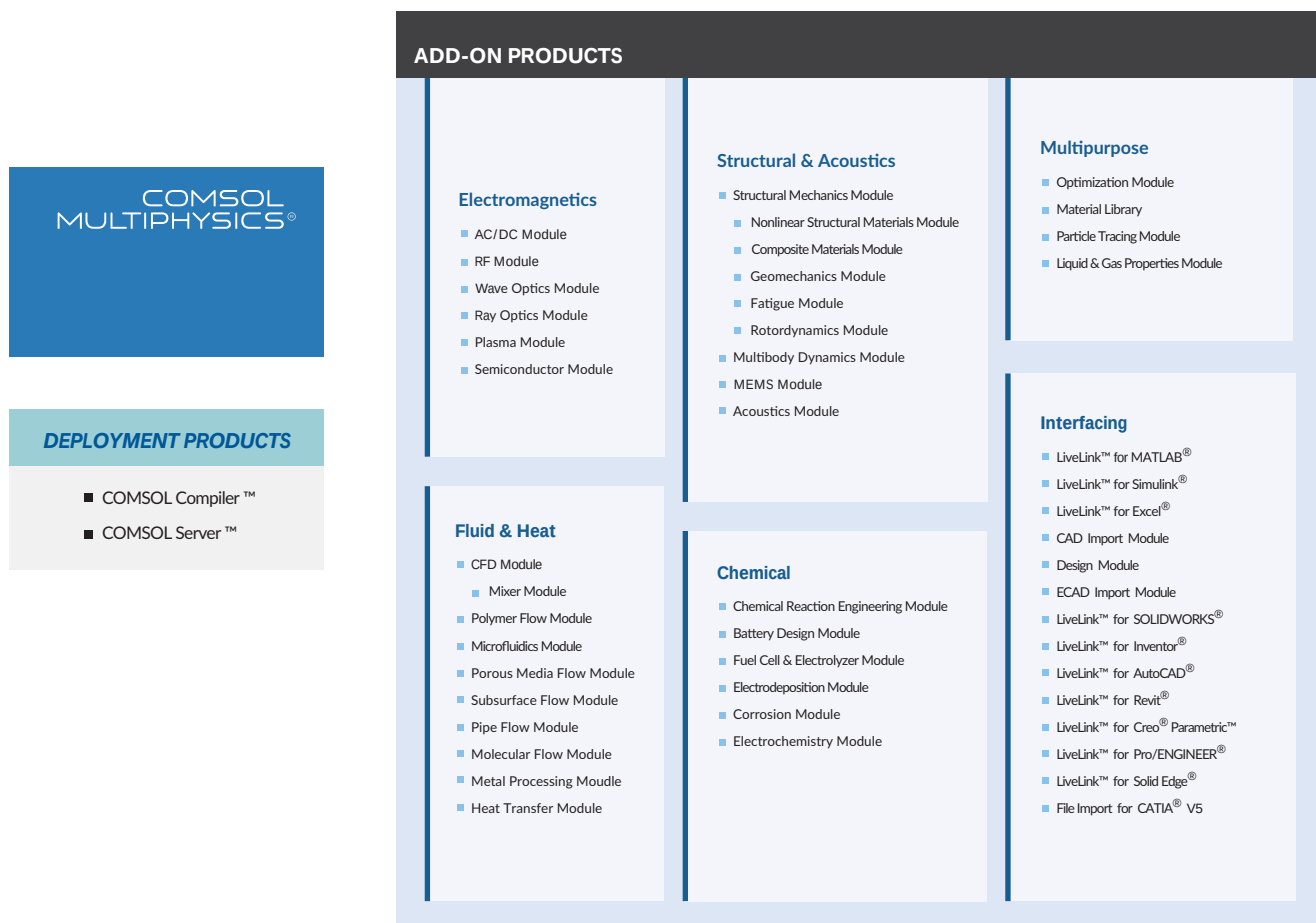
또한 원하는 편미분방정식(PDE) 및 상미분방정식(ODE)을 입력하여 다른 물리현상과 연동하여 사용할 수 있습니다.

COMSOL Multiphysics®은 앞으로도 최고의 해석 툴로 나아갈 것입니다. 다른 FEA 소프트웨어와는 차별적으로 여러 분야에 대한 적용 및 유연성 측면에서 모듈 추가를 통해 쉽게 확장해 나갈 수 있습니다.

COMSOL Multiphysics® 주요 특징

- 전처리, 솔버, 후처리가 통합된 통합환경 제공 - 물리영역간 무제한 연성해석 - 모델에 적용할 지배방정식을 제한 없이 선택하여, 다양한 물리현상을 한번에 해석 - 각 분야별로 자주 사용되는 다중물리현상의 경우, 미리 정의된 다중 물리 지배방정식을 사용하여 손쉽게 모델링 가능 (예 : 전기+열 / 유체+열 / 유체+화학반응 / 열+구조 / 유체+구조 / 회전기기(2D,3D) 등) - 기본적으로 제공하는 지배식을 유연성 있게 사용자 임의로 수정 변경가능하며, PDE식을 이용해 직접 식을 만들어서 적용 가능 - 더욱 쉬워진 1,2,3차원 모델 구축 및 수정 - CAD Import Module을 이용한 SolidWorks®, CATIA®, Inventor®, Pro-Engineer®, NX®, AutoCAD® (3D)와의 동적 연계 (CATIA는 File Import for CATIA®V5 Module 필요) - LiveLink™ Module을 이용하여 SolidWorks® (2020, 2021), Autodesk Inventor® (2020, 2021 Professional 2020, 2021), PTC® Pro/Engineer® (Wildfire 4.0, 5.0, PTC® Creo® Elements Pro 5.0), AutoCAD® (2020, 2021), Revit® (2020, 2021), PTC® Creo® Parametric™(4.0-7.0), SolidEdge® (2020, 2021) 와의 양방향 인터페이스 제공. - LiveLink for MATLAB® (2020a, 2020b)을 이용한 프로그래밍 환경에서의 다중물리모델 구현. - LiveLink for Excel® 을 통한 Microsoft® Excel® (2010(Starter 제외), 2013, 2016, 2019)과의 양방향 인터페이스 제공.	- ECAD Import Module을 통한 IPC-2581 (.cvg, .xml), ODB++ (.zip, .tar, .tgz, .tar.gz), GDSII(*.gds) 파일 불러오기. - 자동메시 기능 및 세부 부분별 메시 조절 가능 - 다양한 메시 형태 제공 - NASTRAN 메시 import, export 가능 - Multi-CPU, Multi-Cores 지원 - Floating Network License(FNL)를 이용하여 Linux(RHEL 7.8, Debian 9, Ubuntu LTS 16.04 / 18.04, CentOS 7.8), Windows HPC Server® 2008 R2 SP1, Windows Server® 2012 / 2012 R2 / 2016 / 2019에서 추가비용 및 노드 제한 없이 Cluster computing지원 - 구조체 변수 변경(Parametric sweep)완전지원 - 다양한 분야에 대하여 많은 예제 모델들을 Application Library를 통하여 불러올 수 있고, 구현방법이 문서화되어 있어서, 사용자가 좀 더 쉽게 원하는 모델을 구현하는데 이용가능 - 강력한 후처리 기능 - 동시에 여러 결과를 출력가능 - 계산 중간에 임의의 값을 보여주는 프로브(Probes)기능 제공 - 이전 데이터를 이용하여 새로운 데이터를 만들고 후처리에서 사용할 수 있는 데이터 설정(Data Set)기능 제공
--	--

COMSOL Multiphysics® V5.6 구성도

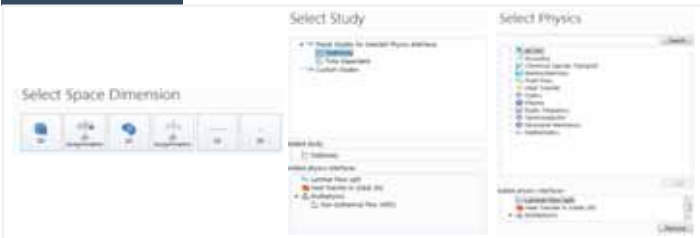


COMSOL Multiphysics® 적용 분야

음향학	지구물리학	다공성입자 유체	전차 / 도금
생물학	열전달	RF소자	플라즈마
화학반응공학	MEMS	반도체 소자	미세유체
전자기학	구조	기계공학	부식 / 방식
유체역학	고주파 공학	이동현상	연료전지 / 이차전지
전기화학	광학	전파	상변화
물리학	포토닉스	의공학	기타 여러가지 물리분야

COMSOL Multiphysics® Work Flows

① Model Wizard



COMSOL 시작단계로 COMSOL에서 해석하고자 하는 모델의 차원과 물리현상, 선 정의 솔버 종류를 선택하는 단계입니다.

③ Material



내부의 물질라이브러리를 이용하거나 사용자가 직접 물성치를 입력하여, 모델링 한 구조체의 물질특성을 설정하는 단계입니다. 물성치 입력 시, 상수 값뿐만 아니라 외부 요소(예를 들면, 온도)에 의해 변화도록 수식이나 함수를 이용하여 설정할 수 있습니다.

⑤ Mesh



모델의 해석을 위하여 구조체에 삼각형, 사각형, 사면체, 피라미드, 프리즘, 육면체 등 메시를 생성하는 단계입니다. Domain, Boundary, Edge 각각에 독립적인 메시를 생성 할 수 있습니다.

- ▶ Triangular, Quad, Mapped, Tetrahedral meshing
- ▶ Swept을 이용한 Prism, Hexahedral meshing
- ▶ Boundary layer meshing
- ▶ Adaptive meshing

⑦ 후처리



해석한 결과를 화면상의 색 / 그래프 / 텍스트 등의 형태로 출력하는 단계입니다.

- ▶ 변수 또는 시공간에 대한 함수의 시각화
- ▶ 선, 면, 공간에 대한 적분을 포함하는 임의의 함수값 도출
- ▶ S-파라미터, 원거리장 해석에 대한 인터페이스
- ▶ 유속, 응력의 정확한 결과 도출 ▶ 반응력 계산
- ▶ 기타 모든 사용자 입력 변수 및 수식에 대한 결과 가시화 등...

② Geometry



내장된 CAD 기능을 이용하여 1차원, 2차원, 3차원 모델링을 하는 단계입니다. 자체적으로 만든 모델 외에도 다른 CAD소프트웨어 에서 만든 파일을 불러와서 사용할 수 있습니다.

- ▶ CAD Import(SolidWorks®, Autodesk Inventor®, CATIA®V5, PTC®PRO/E®, AutoCAD® (3D), PTC®Creo® Parametric™, SolidEdge®, NX®)
- ▶ Nastran mesh import
- ▶ ECAD Import(GDS II, ODB++, IPC-2581)

④ Physics (도메인조건 및 경계조건 입력)



선 정의된 지배방정식을 이용하여 다중 물리 현상 모델을 해석하기 위한 경계조건들을 입력하는 단계입니다.

⑥ Study



구성한 모델을 가지고 결과를 얻기 위한 해석을 수행하는 단계입니다.

- ▶ Multicore/Cluster 해석기능을 포함하는 고성능의 직접솔버 및 반복솔버를 제공하고 있습니다.
- ▶ 다중물리 해석 시 매개 변수의 전체 해석 또는 순차적인 해석이 가능합니다.
- ▶ Stationary / Time dependent / Parametric Sweep / Frequency Domain / Eigenfrequency등의 다양한 솔버 타입을 이용할 수 있습니다.

COMSOL Multiphysics® / Server™ 시스템 요구 사양

Windows

- Windows 7 SP1, 8.1, 10, 10 Pro for Workstations
- Server® 2008 R2 SP1
- Server® 2012
- Server® 2012 R2
- Server® 2016
- Server® 2019
- HPC Server® 2008 R2 SP1

클러스터 지원 운영체제

- Server® 2012
- Server® 2012 R2
- Server® 2016
- Server® 2019
- HPC Server® 2008 R2 SP1

Linux

- Debian® 9, 10
- RedHat® Enterprise 7.8, 8.2
- OpenSUSE® Leap 15.1, 15.2
- Ubuntu® 16.04, 18.04, 20.04
- CentOS 7.8, 8.2
- Oracle® Linux 8.2
- SUSE® Linux Enterprise Desktop® 15 SP2
- GNU C Library 2.17 이상
- Linux® kernel 3.1 이상
- FLEXnet® 는 Linux Standard Base(LSB) 필요

클러스터 지원 운영체제

- Debian® 9
- RedHat® Enterprise 7.8
- Ubuntu® 16.04, 18.04
- CentOS 7.8

Mac

- Mac OS X 10.13, 10.14, 10.15, 11.0

클러스터 지원 안됨

COMSOL Multiphysics® 그래픽 시스템 요구사항

COMSOL® 은 성능상의 이유로 하드웨어 렌더링을 권장합니다. 하드웨어 렌더링에는 OpenGL 버전 2.0을 지원하는 드라이버가 필요합니다. Windows® 운영 체제 사용자는 로컬 콘솔에서 DirectX 9를 사용할 수도 있습니다. 하드웨어 렌더링은 적어도 24비트 색상 그래픽이 필요합니다. 그래픽 환경설정에서 품질 최적화를 위해서는 OpenGL 2.1이 필요합니다. 소프트웨어 렌더링은 또한 16비트 컬러 그래픽을 지원합니다. 성능상의 이유로 그래픽 카드에 최소 512MB 메모리가 있어야 합니다.

COMSOL Server™ 그래픽 시스템 요구사항

COMSOL Server™ 는 그래픽 렌더링이 필요하지 않습니다. COMSOL Server™ 웹 인터페이스를 사용하기 위해서 COMSOL Client® for Windows 프로그램 혹은 추천 웹 브라우저(아래)를 사용해서 로그인하면 됩니다. COMSOL Server™는 또한 배치 모드에서 사용할 수 있으며, 그래픽 렌더링 또한 필요가 없습니다.

★ COMSOL Multiphysics / Server는 64비트 운영 체제에서만 작동합니다.

COMSOL Application 구현 사양

COMSOL Client for Windows®

[64비트 윈도우 시스템 요구 사양]

- Windows 7 SP1, 8.1, 10
- Server® 2008 R2
- Server® 2012 / Server® 2012 R2
- Server® 2016 / 2019
- HPC Server® 2008 R2

운영체제	브라우저	버전
Windows	Internet Explorer	11 이상
Windows	Microsoft Edge	21 이상
Windows / Linux / Mac	Firefox	35 이상
Windows / Linux / Mac	Chrome	31 이상
MacOS	Safari	7.1 이상
iOS	Safari	8.1 이상
Android™	Android™ Browser	37 이상
Android™	Chrome™	40 이상

★ COMSOL Client는 Internet Explorer 버전이 11이상에서 사용할 수 있습니다.

COMSOL Multiphysics® 라이선스 종류

Single License	FNL Floating Network License	CLS Classroom Suite
Commercial or Academic	Commercial or Academic	For Only Academic
[Windows] 사용하고자 하는 컴퓨터에 USB Donglekey (Hardware Lock)를 꽂아서 사용하는 방식입니다.	사용자가 지정한 라이선스 서버로부터 라이선스를 인정받아, 네트워크로 연결된 클라이언트 컴퓨터에서 사용할 수 있는 방식입니다.	연구용 SNL 1 Copy와 수업용 30 Copies가 단일 패키지로 구성되어 있으며, Copy수 대비 저렴한 비용으로 제공됩니다.
[Linux and MAC] Nodelock 방식으로, 지정된 컴퓨터에 대하여 라이선스 파일로 실행되는 방식입니다.	Cluster system을 사용하는 경우, 추가비용 및 노드 제한 없이 Cluster Computing 을 지원합니다.	강의용 30 Copies는 동시 사용자 총 30명까지 사용 가능하며, 기능은 연구용 라이선스와 동일합니다.
		강의용 30 Copies는 논문작성 및 공식적인 결과 도출에 사용될 수 없으며, 전산실 등의 지정된 장소에서 수업용으로만 사용 가능합니다.

COMSOL Server™ 라이선스 종류

CSL COMSOL Server License	ASL Academic Server License
Commercial	Academic
라이선스 당 동시 사용자 수는 1명이며, 1명당 최대 4개의 세션을 작동시킬 수 있습니다.	라이선스 당 동시 사용자 수는 300명이며, 사용자 1명당 최대 4개의 세션을 작동시킬 수 있습니다.
Application Builder에서 만든 어플리케이션을 구동할 수 있습니다.	Application Builder에서 만든 어플리케이션을 구동할 수 있습니다.
국내 업체 내에서 어플리케이션을 만들어서 구동할 수 있을 뿐만 아니라, 해외 업체에서 동시 사용자들끼리 공유하여 구동할 수 있습니다.	국내 및 해외 학교 기관 소속 학생, 교수진, 관계자에 한해서 어플리케이션을 구동할 수 있습니다.
여러 운영체제에서 주요 웹 브라우저를 통해 어플리케이션에 접속을 하거나, Windows® 운영체제에서 COMSOL Client를 이용하여 접속할 수 있습니다.	상업용 목적으로 사용될 수 없습니다.

COMSOL Multiphysics® | 수식 기반 모델링과 해석을 위한 플랫폼

COMSOL Multiphysics® 해석환경은 형상 그리기, 물성/경계조건 입력, 메시, 해석, 결과 보기 등 모든 단계를 쉽게 다룰 수 있으며, 여러 모듈을 위한 플랫폼 역할을 합니다.

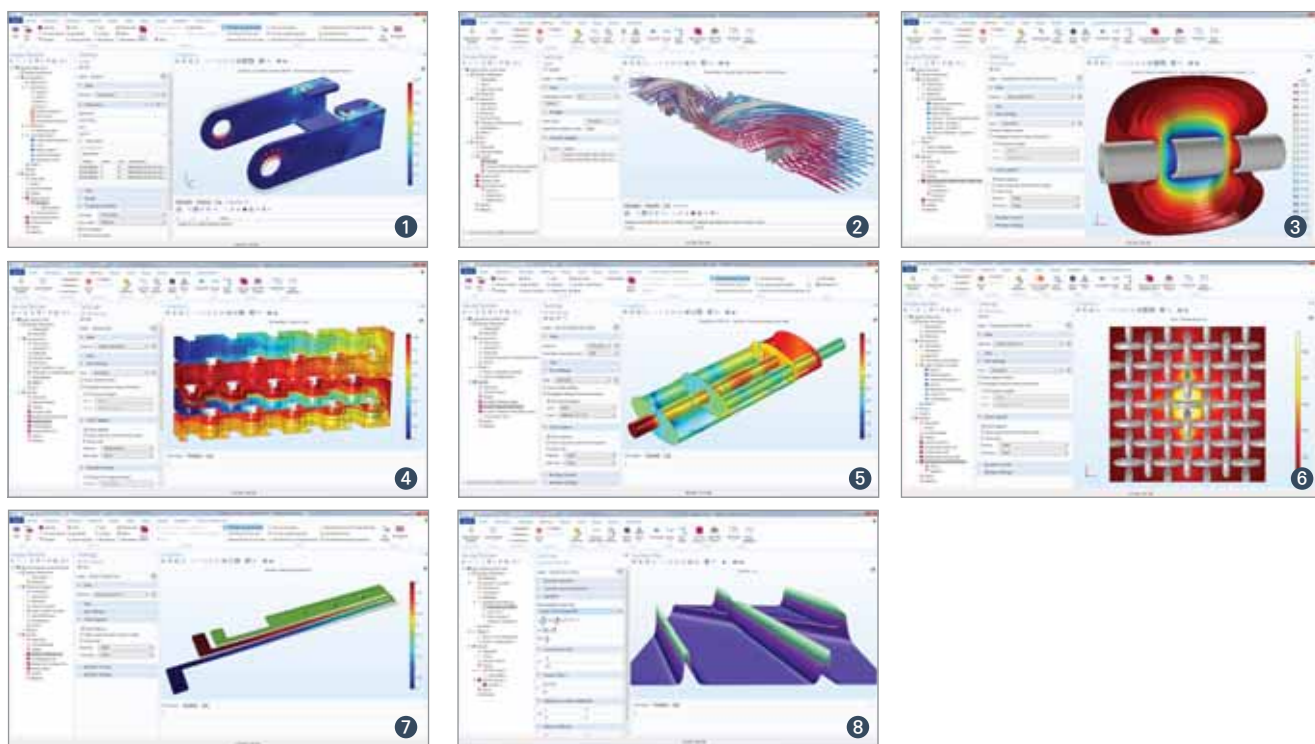
전자기, 광, 유동, 열전달, 구조, 음향, 화학반응 등에 대하여 미리 정의된 인터페이스를 이용하면 모델을 빠르고 쉽게 만들 수 있으며, 물성, 소스항, 경계조건들을 종속변수, 시/공간적인 임의의 함수로 설정할 수 있습니다. 그리고, 여러 모듈에서 제공하고 있는 물리분야 인터페이스들을 새로운 다중물리 현상 해석을 위하여 자유롭게 혼합할 수 있습니다.

또한, 자신만의 시뮬레이션 코드를 입력하기 위한 방법으로, COMSOL Multiphysics®는 사용자가 원하는 편미분(PDE)/상미분(ODE) 방정식을 정의하기 위한 사용자 인터페이스를 제공하고 있으며, 사용자가 직접 만든 방정식들 또한 다른 물리현상들과 연동하여 해석이 가능합니다.

CAD Import Module이나 CAD 관련 LiveLink 제품들 중 하나를 사용하면, 다른 상용 CAD 툴에서 만들어진 CAD 파일을 이용하여 해석할 수 있습니다.

COMSOL Desktop®은 여러 분야에 걸쳐 있는 해석대상을 위해 강력하고 통합된 그리고 통일된 환경을 제공합니다. 추가 모듈들은 그것들이 어떤 것이든 상관없이, COMSOL Multiphysics®와 제한 없이 연동됩니다. 이러한 기능성의 접근은 깊은 수학적 혹은 수치적인 지식을 필요로 하지 않습니다.

Model Builder에 있는 Model Tree는 모델의 개략도 및 모든 기능 - 형상, 메시, 물리현상 설정, 경계 조건, 해석, 해석방법, 후처리과정 및 해석결과 출력 - 에 용이한 접근을 제공합니다.



그림설명

- | | |
|--|---|
| ① 구조 역학 예제: 브래킷의 정적 선형 해석 수행 | ⑤ 음향 예제: 연소 엔진의 머플러에서 압력파 전파 해석 |
| ② 유체 유동 예제: 나선형 고정 혼합기를 통해 혼합 과정과 압력 차이를 모델링 | ⑥ 열전달 예제: 탄소 섬유 강화 폴리머의 이방성 특성을 모델링 |
| ③ 전자기 예제: einzel 렌즈의 3차원 정전기장 계산 | ⑦ 다중물리 예제: 폴리실리콘으로 만든 2개의 고온-암(two-hot-arm)의 열적 액추에이터를 모델링하기 위해 전기 전류 전도, 열전달 및 소스, 열팽창으로 인한 구조 응력 및 변형을 결합 |
| ④ 화학반응 예제: 플레이트 반응기의 반응 흐름 해석 | ⑧ 방정식 기반 모델링 예제: 광섬유의 파동을 모델링하기 위하여 Korteweg-de Vries (KdV) 방정식을 이용 |

COMSOL Server™ | 시뮬레이션 앱 배포, 관리, 실행을 위한 플랫폼

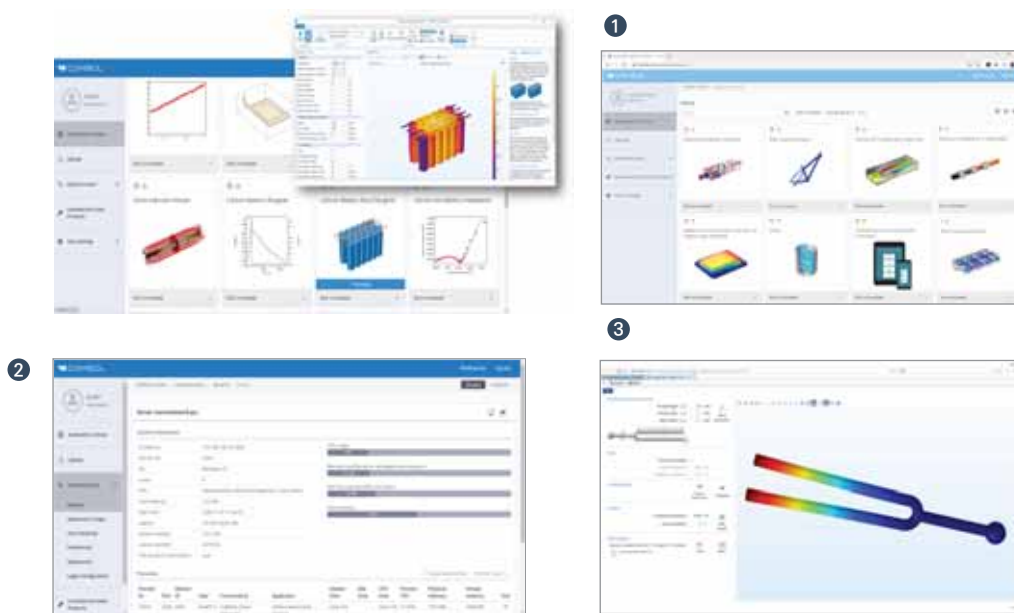
COMSOL Server™ 제품은 시뮬레이션의 이점을 조직 전체에 전파하는데 도움을 줍니다. 조직 내의 시뮬레이션 전문가가 구축한 응용 프로그램을 배포하고 실행하기 위한 플랫폼인 COMSOL Server™ 을 사용하면 R&D 작업 과정을 간소화하고, 여러 부서에서 지식과 분석을 효율적으로 공유하며, 고객의 요구에 신속하게 대응할 수 있습니다.

COMSOL Server™ 용 웹 인터페이스에는 조직에서 업로드한 응용 프로그램, 사용자 계정, 사용자 그룹 및 다중 프로세서 사용에 대한 액세스를 관리할 수 있는 관리 도구가 포함되어 있습니다. 관리자가 인정한 최종 사용자는 웹 브라우저 또는 COMSOL Client를 통해 액세스하여 COMSOL Server™ 의 응용프로그램 목록에 응용프로그램을 업로드 및 실행할 수 있습니다.

조직에서 시뮬레이션 전문가가 모델을 앱으로 변환하면 전반적인 시뮬레이션, 설계 및 제조 작업 과정이 향상됩니다. 시뮬레이션 전문가는 다른 공동 작업자 또는 고객을 위해 동일하거나 약간 다른 분석을 더 이상 다시 수행할 필요가 없으며, 조직은 시뮬레이션의 이점을 더 큰 그룹의 사람들에게 전달할 수 있습니다. 자체 계산 앱을 만들기 위해서 시뮬레이션 전문가는 COMSOL Multiphysics®에 내장된 Application Builder를 이용(윈도우용)하면 됩니다. 조직내의 많은 사람들이 이러한 앱에 접근할 수 있도록 하려면 COMSOL Server™를 활용하면 됩니다.

COMSOL Server™를 설치하여 부하를 분산시킬 수 있습니다. 이 경우 하나의 컴퓨터가 사용자 계정 및 액세스 관리하기 위한 주 서버로 설정되고, 일련의 다른 컴퓨터가 보조 서버로써 계산에 사용됩니다. 또한, 단일 라이선스 관리자에 의해 제어되는 여러 개의 기본 및 보조 서버 세트를 보유할 수 있으며, 이는 해당 시스템에 할당된 계산 리소스만을 사용하려는 팀이 있는 경우에 유용합니다. 또한, COMSOL Server™에서 클러스터 컴퓨팅 기술을 사용하면 다양한 클러스터 아키텍처에서 실행되도록 앱을 구성할 수 있습니다. 계산 작업량을 분산시키도록 만들어진 앱의 경우 대규모 매개변수 스윕 또는 대형 모델에 대해 병렬 계산을 실행할 수 있습니다. COMSOL Server™ 라이선스는 추가 라이선스 비용 없이 무제한 코어 및 컴퓨팅 노드에서 즉시 사용할 수 있습니다.

사용자가 웹 브라우저(Google Chrome™, Firefox®, Internet Explorer®, Microsoft Edge® 또는 Safari® 브라우저) 또는 COMSOL Client를 통해 앱을 실행하면 접속한 컴퓨터 또는 모바일 장치에서 다중 물리 계산을 수행할 필요가 없습니다. 모든 작업은 서버 컴퓨터에서 수행합니다. 중앙 집중화된 허브를 통해 앱의 접근 및 사용을 제어하므로 변경 사항이나 업데이트를 모든 사용자가 즉시 사용할 수 있습니다. 라이선스 당 최대 4 개의 응용 프로그램 세션을 실행할 수 있습니다.

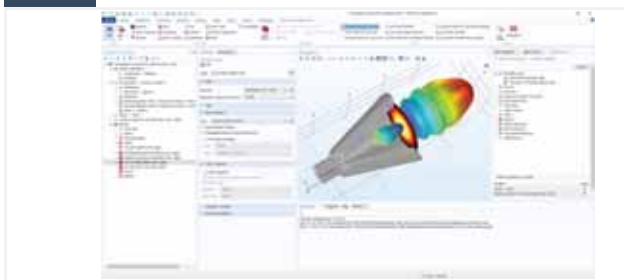


그림설명

- 1 COMSOL Server™ 웹 인터페이스에서의 대시보드와 Application Library. 앱아이콘으로 어플리케이션을 활성화할 수 있고, Favorites에 등록할 수 있으며, 권한을 편집할 수 있습니다. 대시보드에서 이미 작동중인 앱을 볼 수 있으며, Monitor와 같은 다른 메뉴에 접속할 수 있습니다.
- 2 COMSOL Server™ Monitor 환경은 하드웨어 사용량을 관찰하고 제어할 수 있으며, 누가 어플리케이션을 작동하고 있는지 확인할 수 있습니다. 이 그림은 시스템의 CPU와 메모리 사용량을 보여주고 있습니다. 또한 강제적으로 세션을 종료할 수 있습니다. 또한, 관리자로 접속을 하면 COMSOL Server에서 다양한 옵션을 통해 앱 관리, 사용자 관리, 하드웨어 관리를 할 수 있습니다.
- 3 웹 브라우저에서 실행되고 있는 소리굽쇠 길이 최적화를 위한 최적화 사례. 앱에서 소리굽쇠 갈래의 길이와 반지름 크기를 변경할 수 있고, 주파수를 해석하여 결과로 소리를 들을 수 있습니다. 다른 해석으로는 주파수를 지정하여 소리굽쇠의 최적 형상을 구할 수 있습니다.

COMSOL Server™ Work Flow

①



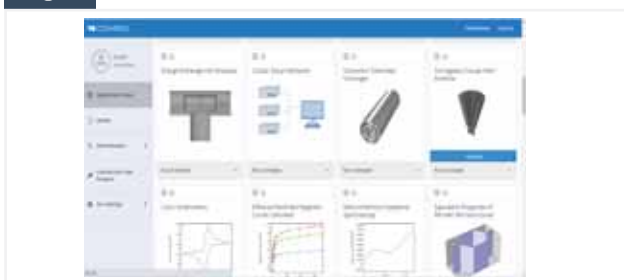
COMSOL Multiphysics®에서 모듈에서 제공하는 지배식을 통해 모델을 만듭니다. 위의 그림은 원형 도파관으로부터 공급된 TE모드가 원형 혼 안테나의 내부 요철이 있는 부분을 통과하며 TM모드로 만들어 집니다. 두 가지가 혼합되면, 두 개의 모드들은 안테나 개구면에서 낮은 간섭편파를 제공합니다.

②



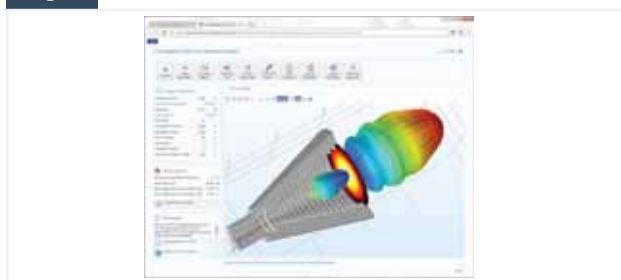
Application Builder에서 제공하는 Form Editor와 Method Editor를 통해, COMSOL Multiphysics®에서 만든 모델을 독자적인 환경에서 해석할 수 있도록 앱을 만들 수 있습니다. 이 앱을 사용하면, 앞서 COMSOL Multiphysics®에서 만든 모델에 대해 안테나의 방사 특성뿐만 아니라 개구면의 간섭편파 비율을 안테나 형상을 변경하여 향상시킬 수 있습니다..

③



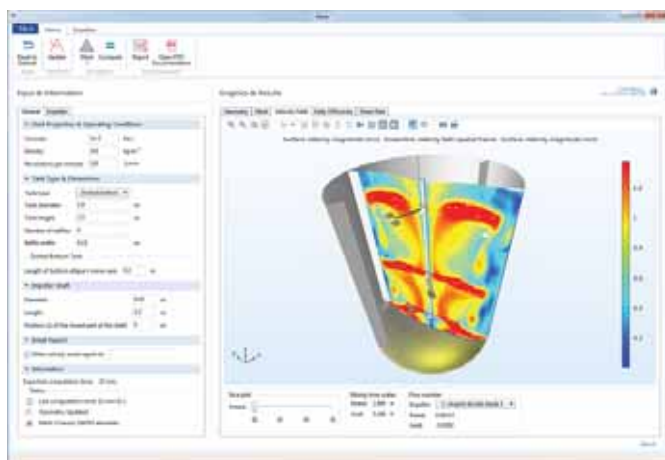
Application Builder에서 만든 앱(App)을 COMSOL Server™에 업로드합니다.

④



COMSOL Server™에서 선택한 앱을 브라우저나 COMSOL Client (Windows 용)에서 실행하여 계산할 수 있습니다.

COMSOL Compiler™ | 독립형 시뮬레이션 앱 실행



COMSOL Compiler™를 사용하면 COMSOL Multiphysics®소프트웨어에서 제공하는 Application Builder로 만든 앱을 Windows®, Linux®, MAC OS 운영 체제에서 사용할 수 있도록 독립형 실행 파일로 컴파일할 수 있습니다. 컴파일된 앱은 COMSOL Multiphysics® 나 COMSOL Server™ 라이선스 없이 실행할 수 있고, 개인의 재량에 따라 배포할 수 있습니다.

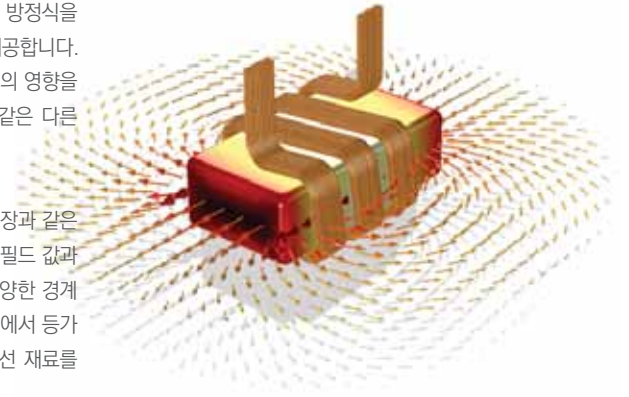
Application Builder의 실행파일 설정을 변경하여 사용자만의 스플래시 화면과 데스크탑 아이콘을 구성할 수 있습니다. 컴파일된 앱을 실행하면 스플래시 화면이 나타납니다.

COMSOL Compiler™는 동일 타입의 COMSOL Multiphysics® 라이선스에 추가하여 Single License 및 FNL(Floating Network License) 옵션으로 제공됩니다. COMSOL Compiler™는 LiveLink™ for Simulink®, Material Library, File Import for CATIA® V5 제품을 제외한 나머지 제품들의 기능을 포함한 앱을 컴파일할 수 있습니다. 컴파일된 앱은 COMSOL Multiphysics® FNL의 cluster 계산 기능이나, batch 기능을 지원하지 않습니다.

AC/DC Module | 전자기 수치 해석 모델링

정적 및 저주파 대역을 포괄하는 전자기 시스템 및 프로세스를 분석하려면 강력하고 유연한 시뮬레이션 도구가 필요합니다. COMSOL Multiphysics® 플랫폼에 AC/DC Module 추가로 맥스웰 방정식을 계산하여 전자기장 및 EMI/EMC를 연구할 수 있는 광범위한 모델링 기능 및 수치적 방법을 제공합니다. 대부분의 전자기 소자, 장치, 그리고 제품은 열 전달, 구조 역학 또는 음향학 등 다른 물리 분야의 영향을 받습니다. COMSOL® 소프트웨어의 다중 물리 기능을 통해 열 전달, 구조역학 및 음향과 같은 다른 물리적 효과가 전자기적 모델에 미치는 영향을 살펴볼 수 있습니다.

AC/DC Module은 전자기, 전류, 정자기 및 유도 효과를 포함하여 시간에 따라 변하는 전자기장과 같은 다양한 응용분야의 해석을 설정하기 위한 물리 인터페이스를 제공합니다. 전위, 전류, 전하 및 필드 값과 같은 기본 경계 조건 외에도 Terminal, Floating Potential 및 Circuit Terminal을 비롯한 다양한 경계 조건을 이용해 저항, 정전용량, 인덕턴스 및 임피던스 값과 S-행렬 등을 2차원 또는 3차원모델에서 등가 회로 매개 변수를 추출하는데 사용됩니다. 강자성 재료, 페리 자성 재료, B-H곡선, H-B 곡선 재료를 포함한 재질 데이터베이스에서 해석에 필요한 재료를 활용할 수 있습니다.



▶ 제품특징

- 생체가열
- 회로 매개변수 추출(R, L, Z 행렬)
- SPICE 회로와 필드 시뮬레이션의 결합
- 접촉저항
- 전류와 필드분포 그리고 시각화
- 전속밀도 필드와 유전율
- 전자기력과 토크
- 전자기 차폐
- 전자기기적 변형
- 유도가열
- 로렌츠 힘 계산
- B-H 곡선의 비선형 재질 포함
- 기생 커패시턴스 및 인덕턴스
- 다공성 물질
- 저항가열
- 전자기 셀 모델링을 통한 레이어 전자기 해석
- 무한영역(Infinite Element) 모델링을 위한 BEM 사용
- 코일 모델링을 위한 부품 라이브러리 제공
- 회전체 해석
- ECAD Import Module을 이용한 전기부품 레이아웃 이용

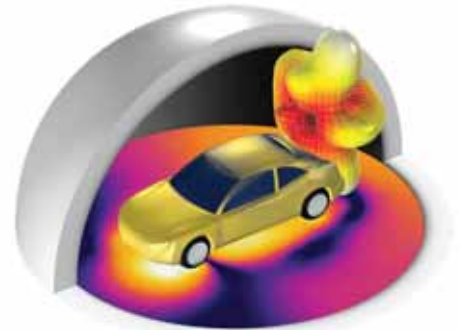
▶ 응용분야

- 커패시터
- 인덕터
- 절연체
- 유전율
- 코일
- 모터
- 센서
- 솔레노이드
- 전기 용접
- 전기 절연
- EMI/EMC
- 전자기 차폐
- 정전식 터치스크린
- 자기 베어링
- 일렉트로 마이그레이션
- 유도 가열로
- 유도 로깅
- 유전체
- 발전기
- 영구자석
- 전자석
- 액추에이터
- 플런저
- 변압기
- 송전로
- 그래핀
- 전기기기
- 전자 신뢰성
- 전기적 접촉 저항
- 다공성 매질의 전자기장

RF Module | 마이크로파와 RF장비 설계를 위한 모듈

RF와 마이크로파 장치 설계자들은 전자기 해석이 신뢰성 있고, 견고함을 보장할 필요가 있습니다. 일반적인 전자기 모델은 RF분야 하나만 고려하지만, 실제로는 하나의 물리현상만으로 제품이 동작하지 않습니다. 설계에 다른 물리현상이 어떻게 영향을 주는지 확인하기 위해 사용자는 온도변화나 구조 변형, 유동 흐름과 같은 영향들을 포함하기 위해 모델을 확장할 수 있는 다중물리현상 모델링이 필요합니다. COMSOL Multiphysics®의 RF Module을 이용하면, 사용자는 동일한 환경에서 전자파 가열을 포함하는 다중물리현상에 대한 RF설계해석을 수행할 수 있습니다.

RF Module을 이용하면 사용자는 전자파 전파나 전자파 가열과 같은 현상을 연구하여 설계를 최적화 할 수 있으므로 최상의 제품을 만들어, 다른 제품보다 앞서 나갈 수 있습니다. 빠르게 발전하는 RF와 마이크로파, 밀리미터파산업에서 제품 개발은 기술 발전속도를 따라가야 합니다. 예를 들어 안테나나 필터, 커플러, 파워 분배기, 임피던스 정합회로와 같은 RF소자들은 5G MIMO 네트워크와 사물인터넷(IoT), 위성 통신과 같은 차세대 기술들과 호환되어야 합니다. 웨어러블 기기와 자율 주행 차량, 최첨단 마이크로 웨이브 및 RF 제품을 포함한 다양한 분야의 개발에서 제품의 원활한 동작을 위해 무선 통신 플랫폼에서 전자파 간섭과 호환성을 평가하는 것은 중요합니다.



▶ 제품특징

- S-parameter 추출
- 전자기장 시각화
- 원거리 방사패턴 계산
- Port 경계조건
- Radar cross-section (RCS) 해석
- 손실 및 비등방성 물질해석
- Impedance 경계 조건
- Perfectly-Matched Layers (PMLs)
- 대칭 및 주기조건
- 외부 회로 모델과의 연결
- 다양한 도파관 전자파발생 (ex: Lumped, coaxial등)
- Lumped ports 와 Lumped elements
- Uniform Array Factor Function
- 전자파 가열

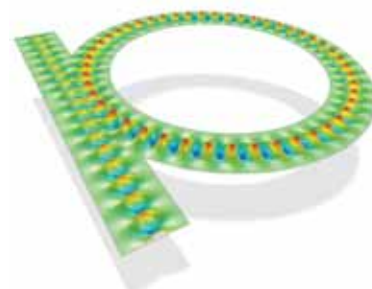
▶ 응용분야

- 안테나
- 원거리장 방사패턴
- 안테나 이득과 지향성
- S파라미터
- 입력 임피던스
- 위상 배열
- RF 회로
- RFID
- 의공학 장치
- 전자파 소결과 분광학
- 나노 구조
- 대역통과 필터 형태의 장치
- 메타 물질과 플라스모닉스
- 밀리미터파와 테라헤르츠 방사
- 공진기와 필터
- 커플러와 파워 분배기
- 페리 자성체 장비
- 근거리 통신
- SAR 계산
- 전자 레인지
- 산란과 교차 방사
- Bloch-Floquet 주기 배열과 구조
- 전송 선로
- 마이크로 스트립
- Coplanar waveguides(CPW)
- Substrate Integrated Waveguides (SIW)
- 주파수 조절 장치
- RF MEMS
- EMI/EMC

Wave Optics Module | 광학적으로 큰 구조물에서 전자파 진행을 해석

실험 데이터 및 이론과 함께 설계된 광학 시스템을 해석을 통하여 검증할 수 있습니다. 그러나 구조물이 파장보다 아주 큰 광학적으로 큰 구조물에 대한 일반적인 해석 방법은 해석 자원을 많이 사용하고 해석 시간이 오래 걸릴 수 있습니다. COMSOL Multiphysics®의 Wave Optics Module은 광학 모델링이 필요할 때 사용할 수 있는 효율적인 모듈입니다.

Wave Optics Module은 일반적인 방법보다 훨씬 적은 해석 자원을 사용하여 광학적으로 큰 장치를 해석할 수 있는 특별한 Beam Envelope Method를 제공합니다. 이 기능은 비선형 전자파에 유용한 도메인 편광과 같은 광학시스템을 해석하는데 사용할 수 있습니다.



렌즈나 반도체 재료 및 기타 분야에 사용되는 유리를 포함하여 약 1400개 이상의 굴절률에 대한 분산 매질 라이브러리도 제공됩니다.

포토닉 장치나 광집적회로, 광 도파관, 커플러, 광섬유 등에 대하여 최적화된 설계를 위해서는 실제 현상에 가깝게 해석하여야 합니다. COMSOL의 다중물리 모델링 기능을 이용하면 다른 물리현상이 광학 구조에 어떠한 영향을 미치는지 연구할 수 있습니다. 예를 들어 레이저 가열이나 반도체의 캐리어 이동, 응력 광학 효과 등입니다.

▶ 제품특징

- In-plane차원, 축대칭차원, 3차원에 대한 전자파 전파 해석
- 큰 구조물에 대한 효율적인 해석을 위한 Beam Envelope Method
- 집속형(Graded index), 주파수 종속성, 비등방성, 손실 매질 정의를 위한 사용자 정의물질
- 음수 굴절률과 메타 물질
- 광학해석과 연관된 열, 구조, 유동 다중물리현상 해석
- 주파수 해석, 시간해석, 고유모드 해석
- 고차 Floquet모드의 주기구조해석
- 무한영역을 표현하기 위한 Perfectly matched layers (PMLs)
- 평면 혹은 원통형, 구형대의 사용자 정의 입사파에 의한 산란 해석
- S-parameters를 이용한 전달 및 반사해석
- 임의의 필드량에 대한 진보된 시각화 기능
- Drude-Lorentz, Debye, Sellmeier 분산 모델

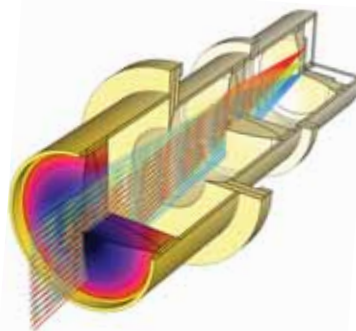
▶ 응용분야

- 포토닉 장치
- 광집적회로
- 광도파로
- 커플러
- 광섬유
- 광 결정
- 비선형 광학
- 다중 주파수에 대한 고조파 생성
- 레이저
- 플라즈몬과 플라즈모닉 장치
- 격자
- 산란
- 편파
- 테라헤르쯔 장치
- 증폭기
- 광리소그래피
- 광전자
- 광센서
- 메타물질
- 홀로그램 데이터 저장장치
- 그래핀

Ray Optics Module | 사이즈가 큰 광학 시스템에서의 광학적 해석

COMSOL Multiphysics®소프트웨어에 Ray Optics Module을 추가하면 광선 추적법을 이용하여 전자파 전파를 모델링 할 수 있습니다. 전파되는 전자파를 모델 형상의 경계 면들에서 반사나 굴절, 흡수되는 광선들로 다루어 집니다. 이 방법은 형상이 파장대비 클 때 적절한 근사법으로 사용됩니다.

Ray Optics Module을 COMSOL®의 다른 모듈과 함께 사용하면 단일 시뮬레이션 환경에서 정확도 높은 구조-열-광학 성능(STOP)해석을 할 수 있어서 온도변화와 형상변화에 따른 광선 추적을 수행할 수 있습니다.



▶ 제품특징

- 흡수 매질
- 수차 계산 및 출력
- 선형파/원형파 자연기
- 도메인이나 경계면에서 광 파워 누적 계산
- 유전 필름
- 회절격자
- 정 반사 및 난 반사 설정
- 균일 매질에서 빛 세기 계산
- 이상적/선형 편광기
- Mueller 행렬
- 렌즈들과 반도체 물질, 그 밖의 분야들에서 사용되는 다수의 유리들을 포함한 약 1400종의 광학 물질 라이브러리
- 광로 길이 변수
- 원기둥형과 구형, 비구면 렌즈와 빔 스플리터, 집합렌즈, 프리즘, 역반사체, 거울들에 대하여 변수화된 형상들에 대한 Part Library 광 상태 데이터를 저장하기 위한 옵션
- 위상 및 위상 계측 계산
- Photometric데이터 입력
- Poincaré maps (spot diagrams)

- 곡률에 대한 주요 파면 반지름 계산
- 균일 혹은 집속형(graded)매질에서 광 추적
- 광로 길이에 대한 Ray Tracing study 설정
- 매질 불연속 지점에서 반사와 굴절
- 도메인이나 경계면, 격자로부터 광 발생
- 스토크스(Stokes)계수 계산
- 편광 혹은 무편광, 부분적 코히런트(coherent) 빛 발생

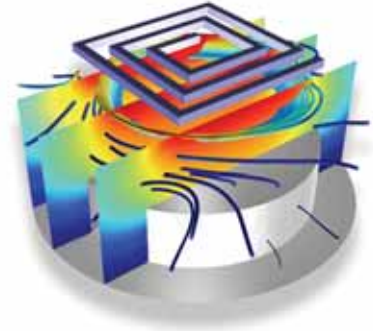
▶ 응용분야

- 건축
- 카메라
- 코팅
- 이미징
- 간섭계
- 레이저
- 렌즈 시스템
- 광학 부품
- 단색광기 (Monochromators)
- 광 가열
- 태양에너지 저장
- 분광계

Plasma Module | 저온 비평형 방전을 위한 모듈

Plasma Module은 저온 플라즈마 해석에 최적화되어 있습니다. 이 모듈은 공학자와 과학자들이 방전물리 현상에 대한 이해와 실질적인 혹은 잠재적인 디자인의 성능을 측정하기 위해서 사용합니다. Plasma Module은 1, 2, 3차원에서 모두 해석할 수 있습니다. 플라즈마 시스템은 원래 비선형이 높은 복잡한 시스템이며, 전기적 입력이나 플라즈마 화학 반응식에 대한 약간의 변화에도 방전 특성이 크게 달라집니다.

저온 플라즈마는 유체 역학, 반응 공학, 물리 역학, 열 전달, 물질 전달과 전자기학의 융합으로 이루어진 다중물리 시스템으로 표현됩니다. Plasma Module은 광범위한 공학 분야에서 발생하는 비평형 방전현상 해석에 최적화되어 있는 도구입니다. 임의의 시스템을 해석하기에 적당한 인터페이스로 구성되어 있으며, DC discharge, Inductive coupled plasma(ICP), Microwave plasma등을 해석할 수 있습니다.



▶ 제품특징

- 특정 응용 물리 인터페이스
 - DC Discharge 인터페이스
 - Capacitively Coupled Plasma 인터페이스
 - Inductively Coupled Plasma 인터페이스
 - Microwave Plasma 인터페이스
 - Boltzmann Equation, Two-term Approximation 인터페이스
- 다른 물리 인터페이스
 - 전자 수송을 위한 Drift Diffusion
 - 이온과 중성종을 위한 Heavy Species Transport
 - 플라즈마 모델에 외부회로를 추가하기 위한 Electrical Circuits
- 유한 요소법과 유한 체적법
- 이차 전자 방출 · 열이온 방출 · 표면반응과 표면 중
- Maxwellian, Druyvesteyn, Generalized 전자 에너지 분포 함수
- Cross Section Data, Arrhenius Expressions, Analytic Expressions, Look-up Tables, Townsend Coefficients를 이용한 반응 설정

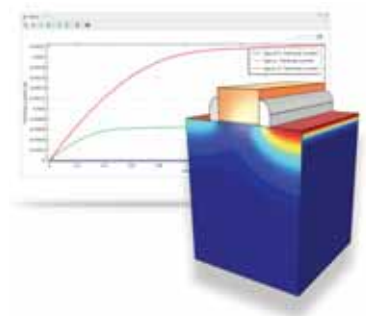
▶ 응용분야

- 화학 기상 증착(CVD)
- 플라즈마 화학 기상 증착(PECVD)
- DC 방전
- 유전 장벽 방전
- ECR sources
- 에칭
- 유해가스 제거
- 유도 결합 플라즈마(ICP)
- Ion sources
- 재료공정
- 마이크로파 플라즈마
- 오존 생성
- 플라즈마 화학
- 용량 결합 플라즈마(CCP)
- 플라즈마 디스플레이 패널
- 플라즈마 공정
- 파워 시스템
- 반도체 제작, 제조, 공정

Semiconductor Module | 기본 원리에서의 반도체 소자 해석

Semiconductor Module은 일반물리 수준에서 반도체 소자 작동 해석을 위한 전용 도구를 제공합니다. 이 모듈은 등온 또는 비등온 전달 모델을 사용하여 표류-확산 방정식을 기반으로 합니다. 이 모듈을 통해 양극성 트랜지스터, 금속-반도체 전계 효과 트랜지스터(MESFET), 금속-산화막 반도체 전계 효과 트랜지스터(MOS-FET), 절연-게이트 양극성 트랜지스터(IGBT), 쇼트키 다이오드 및 PN 접합을 포함하는 실용적인 소자들의 해석을 할 수 있습니다. 선-정의된 Schrödinger Equation 인터페이스를 사용하여 양자 우물(well), 양자 선 및 양자 점과 같은 양자 한정 시스템을 모델링할 수 있습니다.

다중물리 효과는 종종 반도체 장치 성능에 중요한 역할을 합니다. Semiconductor Module을 사용하면 여러 물리적 효과를 포함한 모델을 쉽게 만들 수 있습니다. 예를 들어, Heat transfer 인터페이스를 추가하여 전력 소자 내의 열 효과를 모사할 수 있습니다. 광 전이(Optical transition)기능은 태양 전지, 발광 다이오드(LED) 및 광다이오드 (일부는 Wave Optics Module이 필요할 수 있음)와 같은 다양한 소자를 해석하기 위해 사용됩니다.



▶ 제품특징

- Scharfetter-Gummel upwinding Scheme가 적용된 유한 체적법을 이용한 Drift-Diffusion수식 해석
- 산란을 묘사하는데 사용되는 이완-시간 근사
- 페르미-디랙 및 맥스웰-볼츠만 통계
- 밴드-갭 협소화
- 음 접촉, 쇼트키 접촉 및 경계에서 게이트를 정의하기 위한 전용 기능
- 포논, 불순물 및 캐리어-캐리어 산란, 높은 필드 속도 포화 및 표면 산란에 대한 선-정의된 이동도 모델 또는 자체 이동도 모델 정의 가능
- Auger, Direct 및 Shockley-Read Hall 또는 사용자 정의 재결합률
- 분석 함수 또는 보간 함수로 상수, 가우시안 또는 자체 도핑 프로파일 지정
- 벌크 또는 절연 게이트/표면에 이산전/연속적 트랩 레벨 지정

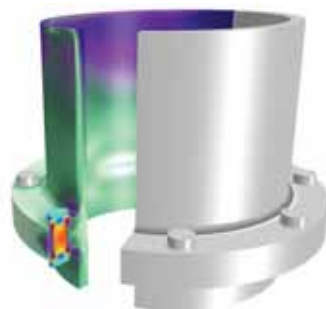
- SPICE 회로를 통한 시스템 레벨 및 혼합 장치 모사
- 연속적인 준-페르미 레벨 또는 열전자 방출을 갖는 이중접합
- 충격 이온화
- 불완전 이온화
- 열 교환 효과
- 직/간접 광 전이
- 단일-입자 슈뢰딩거 방정식

▶ 응용분야

- 양극성 트랜지스터
- 금속-반도체 전계효과 트랜지스터(MESFETs)
- 금속-산화막 반도체 전계효과 트랜지스터(MOSFETs)
- 절연-게이트 양극성 트랜지스터(IGBTs)
- 쇼트키 다이오드
- P-N 접합
- 이온 감응형 전계효과 트랜지스터(ISFETs)
- 태양 전지
- 발광 다이오드(LEDs)
- 광다이오드

Structural Mechanics Module | 구조해석 수행

Structural Mechanics Module은 COMSOL Multiphysics® 플랫폼에 추가하여 구조물의 기계적인 거동을 분석하기 위한 맞춤형 기능 및 도구를 제공합니다. 적용 분야는 기계구조, 토목, 지질학, 생체역학 및 MEMS 장치를 포함하고 있습니다. Structural Mechanics Module을 통해, 응력 및 변형을 레벨, 변형, 강성 및 유연도(-compliance), 고유진동수, 동적 외력에 대한 응답, 좌굴 불안정성과 같은 문제를 해결할 수 있습니다. COMSOL®제품에 있는 다른 모듈과 함께 Structural Mechanics Module을 사용해서 열전달, 전자계 및 유동효과를 포함한 모든 해석 환경으로 모델링을 확장할 수 있습니다.



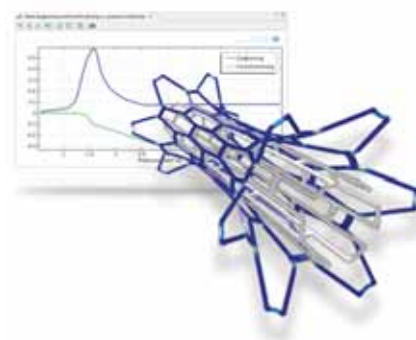
비선형 재질을 해석하는 Nonlinear Structural Materials Module, 적층 복합 물질을 해석하는 Composite Materials Module, 지반 구조 해석을 위한 Geomechanics Module, 피로 해석을 구현할 수 있는 Fatigue Module, 회전체 동역학 해석에 적용하는 Rotordynamics Module은 Structural Mechanics Module 기반으로 사용할 수 있습니다.

▶ 제품특징

· 음향-구조 연동 해석¹ · 빔 · 생체역학 · 좌굴 및 후좌굴 · 접촉 · 피로 평가² · 유체-구조 연동 해석(FSI) · 비선형⁵ · 대변형⁵ · 윤활 및 유체 탄성학³ · 멤브레인	· 모달해석 · 다물체 동역학⁴ · 비선형 물질⁵ · 압전체 · 다공성 매질⁶ · 프리스트레스 구조 · 회전체 동역학⁸ · 셀 · 솔리드 · 응력-광학 효과 · 구조적 접촉 및 마찰	· 형상 최적화⁷ · 구조진동 · 열응력 · 트러스 구조물 · 적층 복합 물질⁹	1 Acoustics Module 필요 2 Fatigue Module 필요 3 CFD Module 필요 4 Multibody Dynamics Module 필요 5 Nonlinear Structural Materials Module, Geomechanics Module 필요 6 Subsurface Flow Module 필요 7 Optimization Module 필요 8 Rotordynamics Module 필요 9 Composite Materials Module
--	---	--	--

Nonlinear Structural Materials Module | 비선형 물질을 포함하고 있는 확장된 구조역학

대부분의 재질은 비선형적인 응력-변형을 관계를 나타냅니다. 특히, 높은 수준의 응력 및 변형을 레벨에서 확연하게 나타냅니다. 이러한 재질로 구성된 대상을 해석할 경우에는, 재질 물성 설정에서 비선형성을 고려해야 합니다. Nonlinear Structural Materials Module은 COMSOL Multiphysics 및 Structural Mechanics 모듈에 추가하여 초탄성, 탄소성, 점성소성 및 크리프와 같은 부가적인 재질 모델을 제공하여 이와 같은 특성을 통합해서 해석하는 것이 용이합니다.



Nonlinear Structural Materials Module은 COMSOL Multiphysics®에 있는 구조해석의 기능을 향상시킵니다. 내장 재료 모델과 함께 특정 요구사항을 조합하여 맞춤형 구조해석을 수행할 수 있으며, 심지어 응력이나 변형을 불변량에 근거한 고유 모델을 정의할 수 있습니다. 또한, 고유 해석 흐름도나 크리프 법칙을 생성할 수 있을 뿐만 아니라, 초탄성체에 대한 임의의 변형을 에너지 밀도 함수를 생성할 수 있습니다.

▶ 제품특징

· 탄소성 · 초탄성 · 점탄성 · 크리프 · 대변형 · 사용자정의 크리프, 초탄성 그리고 소성	· 사용자정의 응력 혹은 변형을 및 주방향 변형을 갖는 모델 · 온도 의존형 물성값을 갖는 비선형 다중물리 · Fatigue 모듈과 연동 해석 가능 · Multibody Dynamic 모듈과 연동 해석 가능 · 직교이방 소성
--	---

Composite Materials Module | 적층 구조 해석

복합재료는 구조적 성능 강화를 목적으로 두 가지 혹은 그 이상의 재료로 구성되어 있는 불균질 재료(heterogeneous material)입니다. 일반적인 재료 대비 강성 강화 및 무게 저감으로 인해, 복합재료는 다양한 분야에서 많은 적용 사례를 보여주고 있습니다. 명석한 재료로 알려진 복합재료에 감지, 작동, 연산 및 통신 기능을 내장하기 위한 개발노력이 산업 현장에서 진행 중에 있습니다. 가장 정확하고 신뢰성 있는 복합 재료로 만든 구조물을 설계하기 위해서는 구조물의 거동에 대한 철저한 이해가 필요합니다.

Composite Materials Module은 Structural Mechanics Module 기반으로 사용할 수 있으며, 적층 형태의 복합 구조물을 분석하기 위해 맞춤형된 모델링 도구 및 기능을 제공합니다. Composite Materials Module은 특수 적층 재료 기술을 사용하며, 정확한 복합 재료 셀 모델링을 위해 두 가지 접근 방식을 제공하고 있으며, layerwise 이론 및 equivalent single layer 이론이 이에 해당합니다.

Structural Mechanics Module은 보다 용이한 설정 및 해석 구동을 위해 특수한 설정을 포함한 사전 정의되는 인터페이스를 제공합니다. Composite Materials Module은 해석 구동 유형 및 적층 이론에 근거한 복합재료 적층 구조물을 해석하기 위한 부가적인 인터페이스와 재료 모델을 포함하고 있습니다.

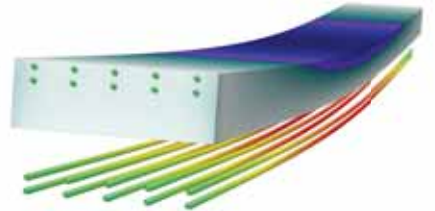


통상적인 구조해석(정적, 고유진동, 과도, 좌굴 및 그 밖의 해석과 같은)과 함께, 1차 적층면의 결함 및 멀티스케일 모델링이 가능합니다. 또한, Optimization Module을 추가함으로써, 구조물 설계에 있어서의 형상치수, 적층 구도(composite layup), 적층 되는 재료(ply)의 두께, 섬유 재료의 방향성 및 재료 물성의 최적화가 가능합니다.

이에 더하여, Composite Materials Module에 COMSOL® 제품군에 있는 다른 Module과 함께 사용하여, 동일 해석 환경 하에서 열전달, 전자계 및 유동 효과를 포함한 모델링으로의 확장이 가능합니다. 일반적인 적층된 복합재료의 적용 사례로 강화플라스틱, 적층 플레이트, 샌드위치패널이 있습니다. 이러한 적층된 복합재료들은 항공우주부품, 풍력터빈날개, 자동차부품, 빌딩, 보트선체, 자전거 및 안전 장비 부품 제작에 폭넓게 사용됩니다.

Geomechanics Module | 지력학에서의 비선형 물질 모델 해석

Geomechanics Module은 터널, 굴착, 사면안정, 구조유지 등 지반 관련 시뮬레이션을 위한 특화된 모듈로, Structural Mechanics Module에 추가되어 사용됩니다. 비선형 지질공학 재료 모델을 이용하여 토양, 암석의 변형, 크리프, 소성 및 파손뿐만 아니라 이들로 이루어진 더미, 지지대나 사람이 만든 구조물을 연구할 수 있는 맞춤형 인터페이스를 제공합니다. Geomechanics Module은 von Mises와 Tresca 기준을 통해 금속 소성을 묘사하는 표준 비선형 재료 모델이 포함되어 있습니다. Geomechanics Module의 본래 목적은 고체 역학 물리 인터페이스 내에 내장된 토양, 콘크리트, 암석의 비선형 재료를 모델링 하기 위한 것입니다.



미리 정의되거나, 내장된 소성 모델 이외에 사용자 정의의 항복 함수를 만들 수 있습니다. 직접 Geomechanics Module의 물리적 인터페이스를 다루거나 COMSOL Multiphysics®에서 찾을 수 있는 다양한 방정식으로 정의한 물리적 인터페이스를 통해 만들 수 있습니다. 사용자가 만든 코드의 서브 루틴이 필요 없이, 단순하게 인터페이스의 적절한 편집 필드에 구성 식을 입력할 수 있습니다. 필드 변수, 스트레스, 스트레인 불변량 및 파생 양의 수학적 표현을 포함할 수 있습니다. 재료 모델이 계산된 온도장이나 수압 등 다른 변수에 의존하는 경우, 직접 재료의 정의를 통합할 수 있습니다. 따라서, Geomechanics Module에서 제공하는 재료 모델은 재료의 일반적인 종류를 개발하고 확장할 수 있습니다. Geomechanics Module은 COMSOL® 제품 군에서 다른 모듈의 종속 변수와 결합될 수 있습니다. 특히, Subsurface Flow Module의 다공물질 내 흐름, 다공탄성 및 용질 거동 특징을 묘사할 수 있습니다.

▶ 제품특징

- Bresler-Pister 및 Ottosen 콘크리트 모델
- Drucker-Prager 및 Mohr-Coulomb 토양 모델
- Hoek-Brown 암석 모델
- Matsuoka-Nakai 및 Lade-Duncan 토양모델
- 수정된 Cam-Clay 토양 모델
- 사용자 정의 토양, 암석 및 콘크리트 물질
- William-Warnke 콘크리트 모델
- von Mises 및 Tresca 정의를 통한 금속 소성 모델

▶ 응용분야

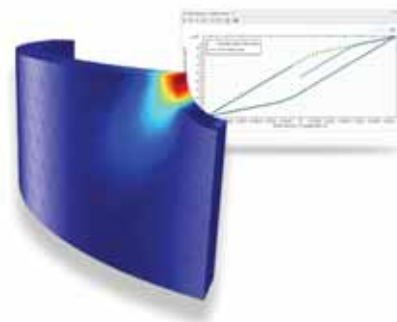
- 토양에서의 크리프
- 콘크리트 및 취성 재료의 파괴
- Ductile 물질 및 젖은 토양
- 제방
- 굴착
- 토대
- 핵 폐기물 설치
- 구조 유지 및 보강
- 도로망
- 슬래브
- 슬로프 안정성
- 터널

토양	암석, 콘크리트
Cam-clay	William-Warnke
Drucker-Prager	Bresler-Pister
Mohr-Coulomb	Ottosen
Matsuoka-Nakai	Hoek-Brown
Lade-Duncan	

Fatigue Module | 응력, 변형율을 토대로 한 고주기 / 저주기 피로해석

구조체에 정적 한계 아래에 있는 임의의 하중이 반복적으로 작용할 때, 재료의 피로도로 인하여 구조체 파손이 발생할 수 있습니다. 가상의 피로 해석을 COMSOL Multiphysics® 환경의 Fatigue Module을 이용해 수행할 수 있는데, Structural Mechanics Module에 추가하여 사용할 수 있습니다. Stress-based, strain-based 임계 평면 방법을 이용하여, 사용자는 high-cycle, low-cycle 피로 수명 평가를 할 수 있습니다. 비선형 재료에 적용할 경우에는, 열적피로(thermal fatigue) 현상을 해석하기 위한 Coffin-Manson 모델이나 energy-based법을 이용할 수 있습니다.

변경하중을 취급할 때에는, 누적 손상을 하중이력과 피로한계를 이용하여 계산할 수 있습니다. 피로하중 사이클은 솔리드, 평판, 쉘 및 다물체에 열응력과 변형, 심지어 압전체 효과를 함께 고려하여 적용함으로써 해석할 수 있습니다. 표면 아래나 표면의 피로 개시에 대한 피로를 다룰 경우에는, 연산의 효율성을 위해 도메인, 경계, 선, 그리고 점에서 피로평가가 수행될 수 있습니다.



▶ 제품특징

· 피로 곡선 · 누적손상계산 · 고주기 피로 · 저주기 피로 · 응력-수명 모델 · 변형율-수명 모델 · 응력기반 피로 · 변형율기반 피로 · 에너지기반 피로	· 열적 피로 · 진동 피로 · 임계 평면 방법 · S-N 곡선 척도 · Basquin 척도 · 근사 S-N 곡선 척도 · E-N 곡선 척도 · Coffin-Manson 척도 · Basquin / Coffin-Manson 결합 척도	· Findley 척도 · Mataka 척도 · Normal-stress 척도 · Fatemi-Socie 척도 · Smith-Watson-Topper (SWT) 척도 · Wang-Brown 척도 · Morrow 평균응력 척도 · Darveaux 척도 · Morrow 척도	· Rainflow counting stress evaluation · Palmgren-Miner 선형 손상 법칙 · 탄소성 재료의 피로 해석을 위한 근사 방법
---	---	---	---

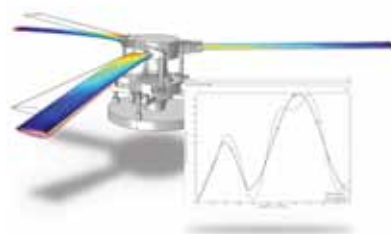
Multibody Dynamics Module | 강체 및 유연체 어셈블리 분석

Multibody Dynamics Module은 유한요소해석 기법을 이용하여 다물체로 구성된 시스템의 동역학 메커니즘을 디자인하고 최적화하는 기능을 제공합니다.

이 모듈을 사용하면 강체와 연체가 혼합된 시스템의 회전 및 이동 운동을 해석하는 기능을 제공합니다. 이러한 해석은 시스템의 한계를 결정하는데 도움을 주게되고 각 구성 부품의 상태를 보다 상세하게 파악하는데 도움을 줄 수 있습니다. 또한 Multibody Dynamics Module은 구조물의 연체 구성 부품에 발생하는 외력에 대한 분석이 가능하고, 이 외력으로 발생하는 응력은 시스템의 손상이 발생하는 원인으로 작용하기도 합니다.

제공되고 있는 조인트 라이브러리는 사용자가 각 부품간의 연결 상태를 정의하는데 다양하게 이용 할 수 있도록 제공되고 있습니다. 조인트를 사용하면 각 부품간의 상호 이동 조건을 정의 할 수 있습니다.

Attachment 라는 기능을 이용하여 부품에서 연결이 필요한 부분을 선택하고 조인트 기능에 적용하면 상대 운동을 정의하거나 독립된 하나의 운동조건을 정의 할 수 있습니다. 다음의 조인트 유형을 제공하고 있어 사용자가 모델에 적용하여 시스템을 설계 할 수 있습니다.



- Prismatic (3D, 2D) • Hinge (3D, 2D) • Cylindrical (3D) • Screw (3D) • Planar (3D) • Ball (3D) • Slot (3D)
- Reduced Slot (3D, 2D) • Fixed Joint (2D,3D) • Distance Joint (2D,3D) • Universal Joint (3D)

▶ 제품특징

- 조인트는 연결된 두 부품간의 상대 움직임을 제한 할 수 있습니다.
- 조인트를 잠가서 연결된 두 부품간의 상대 움직임을 지정된 값으로 고정 할 수 있습니다.
- 스프링 조건은 평형 상태나 설정된 변형 상태에서 조인트의 상대 운동에 적용되도록 할 수 있습니다.
- Lumped mechanical systems를 이용하여 시스템의 구현이 가능하고 질량, 댐퍼, 스프링 등을 추가 할 수 있습니다.
- 댐퍼 조건은 조인트에서 상대 운동에 대한 손실로 정의 할 수 있습니다.
- 연결 가능한 부품 사이의 상대 운동을 정의할 때 조인트가 필요 할 수 있습니다
- 조인트의 마찰 손실은 Prismatic, Hinge, Cylindrical, Screw, Planar, Ball 조인트에서 설정이 가능합니다.
- Cam-Follower 조건
- 외력과 모멘트는 부품의 attachments 에서 모든 조인트에 사용 가능합니다.
- 메커니즘은 지정된 회전 중심에서 지정된 속도가 지속되도록 회전과 이동을 초기 상태로 유지 할 수 있습니다.
- 매개 변수를 사용하는 파트 라이브러리에 Internal 기어, external 기어, 랙이 포함되어 있습니다.

▶ 응용분야

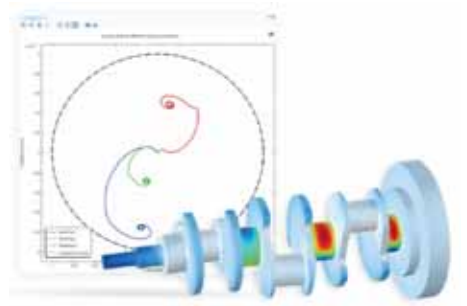
- 우주항공
- 자동차
- 엔진 동역학
- 메카트로닉스
- 로봇
- 생체역학
- 의료용 장비
- 차량동역학
- 일반적인 기계장치의 동적 시뮬레이션

Rotordynamics Module | 회전기 동역학 해석

자동차, 항공 산업, 발전분야, 가전 및 전기 제품과 같은 회전 기계 장치를 사용하는 분야에서 회전체 동역학 연구는 중요합니다. 회전하는 기계의 물리적인 거동은 기계 자체의 구조와 회전에 의해 유발되는 진동에 크게 영향을 받게 됩니다. 완전히 대칭적인 회전체는 로터의 회전 속도에 따라서 고유진동수가 달라지게 됩니다. 반면에 비 대칭적인 회전체는 회전 속도에 따라서 복잡하게 변동 될 수 있습니다. 회전체가 포함된 기계를 설계할 때 이러한 문제를 고려 할 수 있는 효과적인 방법을 사용하여 운영 방식과 성능을 최적화 하여야 합니다.

Rotordynamics Module은 Structural Mechanics Module을 확장한 형태로 로터의 진동을 분석하고 허용 가능한 설계 한계를 유지하기 위한 축 방향 진동과 비틀림 진동 효과를 분석합니다. Rotordynamics Module을 이용하면 임계 속도, whirl, 고유진동수, 안정성 임계 값, 질량 불균형 등의 다양한 설계 변수를 고려한 회전체의 정적 및 과도 해석 기능을 제공합니다. 또한 회전 거동이 로터 내에서 응력 발생에 어떤 영향을 주는지 또는 다른 부품에 진동 전달도 고려 한 해석을 수행합니다.

Rotordynamics Module을 이용하면, 디스크, 베어링, 지지 기반의 다양한 형태와 함께 고정 및 회전 로터의 구성 요소의 영향까지 고려 할 수 있습니다. COMSOL®에서 제공하는 Campbell, modal orbits, harmonic orbits, waterfall, whirl plot 결과 추출이 손쉽게 가능합니다.



▶ 제품특징

- 로터를 선으로 가정하는 근사 모델링을 위한 Beam Rotor 인터페이스
- 3차원 형상을 이용하는 Solid Rotor 인터페이스
- 베어링에서 윤활 막을 상세 모델링 하는 Hydrodynamic Bearing 인터페이스
- 빔 요소와 유체 베어링을 혼합하여 모델링 하는 Beam Rotor with hydrodynamic Bearing 인터페이스
- 고체 요소와 유체 베어링을 혼합하여 모델링 하는 Solid Rotor with Hydrodynamic Bearing 인터페이스
- 베어링의 일괄 표현
- 저널 베어링
- 스러스트 베어링(수력 스러스트 베어링)
- 롤러 요소 베어링(Deep groove 볼 베어링 / Angular contact 볼 베어링 / Self-aligning 볼 베어링 / Spherical 볼 베어링 / Cylindrical 볼 베어링 / Tapered 볼 베어링)
- Beam rotor mountings (Flywheels / Pulleys / Gears / Impellers / Rotor-blade assemblies)
- 3차원 CAD 모델을 기반으로 한 완전 비대칭 로터
- 고정, 동적, 유연 지지대

▶ 응용분야

- 전동 장치
- 열차 운행
- 제트 엔진
- 증기 터빈
- 가스 터빈
- 터보 충전기
- 터보 발전기
- 터보 펌프
- 내연 기관
- 압축기
- 추진 시스템
- 전기 기계
- 가전 제품
- 디스크 드라이브

Acoustics Module | 음향 진동 해석

음향 현상을 이용하는 제품 설계에서 음질이나 소음 감소를 연구하는 모델을 구현합니다.

Acoustics Module은 COMSOL Multiphysics에 추가하여 사용하게 되고 음향과 진동 분야의 모델을 시뮬레이션 할 수 있는 기능을 제공합니다.

관련 분야는 스피커, 휴대용기기, 마이크, 소음기, 센서, 음파탐지, 유량 측정 분야 등이 있습니다.

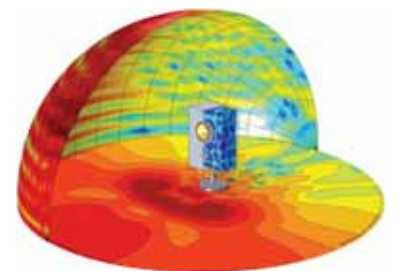
음장을 가시화 하거나 가상 모사 품을 생성 할수 있는 기능을 제공합니다.

보다 상세한 분석을 위해서 다른 물리 현상과 연동한 해석도 지원하고 있습니다. 구조 역학, 압전효과, 유동 현상까지 연동 해석이 가능합니다.

COMSOL에서 제공하는 다중 물리 연동 기능을 이용하면 좀더 현실과 비슷한 상황에서 설계하거나 제작한 제품의 성능을 평가 할 수 있습니다. 특정 분야에서 사용 가능한 재료 모델과 다양한 방정식을 제공하고 있습니다.

그 예로서 열접성 음향은 작은 크기의 방출기와 휴대용 기기에 사용 가능하고 Biot's 수식은 공탄성파를 모델하는데 사용 할 수 있습니다.

다중물리 상황에 맞게 확장 가능한 수치 방법을 제공하는데 유한요소법, 경계요소법, 음선추적 법, 불연속 Galerkin 유한요소법이 제공되고 있습니다.



▶ 제품특징

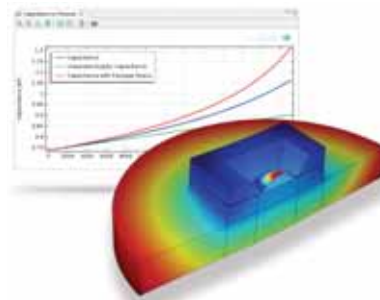
- 음향-열 상호작용
- 음향-고체 상호작용
- 음향-구조 상호작용
- 항공 음향학
- 압축성 포텐셜 유동
- 탄성 파
- 원거리장 및 지향성 계산
- 임피던스, 사운드 하드 및 사운드 소프트 경계
- 무한 도메인을 위한 완전 정합층(PML)
- 압전 음향
- 압전 장치
- 파이프 음압· 공극탄성파
- 압력 음향학
- 구조 진동
- 열음향
- 열 및 점탄성 손실

▶ 응용분야

- | | | | |
|---------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------------------|
| · 흡음 | · 연소 불안정성 | · 제트소음 | · 공간음향 (Room and building acoustics) |
| · 음향 차폐 | · 코리올리 유량 미터 | · 스피커 | · 트랜스듀서 |
| · 음향 방사 | · 자동차 캐빈 음향 | · MEMS 음향센서 | · 센서 및 리시버 |
| · 음향 스트리밍 | · 디퓨저 | · MEMS 마이크로폰 | · 소나 장치 |
| · 마이크로폰 | · 전자음향 트랜스듀서 | · 악기 | · 표면 탄성파(SAW) |
| · 모바일 장치 | · 유량 측정기 | · 기계의 소음 및 진동 | · 차음 |
| · 실내용의 모델 거동 | · 유동기인 소음 (Fluid-borne noise) | · 소음 감소 재질 및 설치 | · 진동소음 |
| · 머플러 | · 주파수 영역의 유동-구조 연동 | · 비파괴검사(NDT) | · 우퍼 및 서브우퍼 |
| · 생체음향 적용 | · 보청기 | · 오일 및 가스 폭발 | · 초음파 |
| · 벌코 탄성파(BAW) | · 충격응답 | · 압전음향 트랜스듀서 | · 해 초음파 유량 측정기 |
| · 콘서트홀 음향 | | | · 초음파 트랜스듀서 저음향 |
| · 대류음향 | | | |

MEMS Module | MEMS(Microelectromechanical Systems) 해석

MEMS(microelectromechanical systems) 디자인과 모델링은 독특한 엔지니어링 분야입니다. 작은 길이 스케일의 공진기, 자이로스코프, 가속도계 및 액추에이터 설계 시 이러한 기기들이 작동할 때의 여러 물리 현상의 영향을 고려해야 합니다. 따라서, COMSOL Multiphysics®는 MEMS 분야에 이상적입니다. MEMS Module은 전자기-구조, 열-구조 또는 유체-구조 상호 작용을 포함한 연동 물리학을 위해, 다양한 물리적 인터페이스 관련 모델링 도구와 선정의 된 사용자 인터페이스를 제공합니다. 박막 가스 댐핑, 고체 및 압전 재료의 이방성 손실 계수, 앵커 댐핑 및 열 탄성 댐핑으로 모델의 현상을 감쇠시키는 다양한 조건을 포함할 수 있습니다. 탄성 진동과 파장의 경우, PMLs(perfectly matched layers)은 밖으로 나가는 탄성 에너지를 기술적으로 흡수하도록 제공합니다.



최고 수준의 압전 및 압전 저항 모델링 도구는 복합 압전 탄성 유전체 재료를 무엇이든 최적의 구성으로 조합 할 수 있는 시뮬레이션을 가능하게 합니다. MEMS Module은 정적 및 과도 도메인 분석뿐만 아니라 완전히 결합 된 고유 진동수, 파라미터, 준 정적 및 주파수 응답 해석이 포함되어 있습니다. 쉽게 정전 용량, 임피던스 및 어드미턴스의 집중 상수를 추출하고 SPICE 넷리스트를 통해 외부의 전기 회로에 연결할 수 있습니다. COMSOL Multiphysics®의 핵심 기능으로 만들어진, MEMS Module은 마이크로 스케일에서의 역학 관련 문제를 해결하는 데 사용할 수 있습니다.

제품특징

· 좌굴	· 중력	· 구조역학	· SPICE 회로
· 탄성파	· 모달 해석	· 원심력, 콜리올리스, 오일러 힘을 지닌 회전체 프레임	· 진동
· 탄성유체역학	· 기계적 접촉	· 열응력	· 점탄성
· 정전기	· Perfectly matched layers (PMLs)	· 열탄성	· 회전 연화 효과
· 정전 구동	· 압전	· 얇은막 댐핑	
· 유체-구조 연동 (FSI)	· 압전저항	· 센서	
· 줄가열	· 선응력 구조		
· 대변형			

응용분야

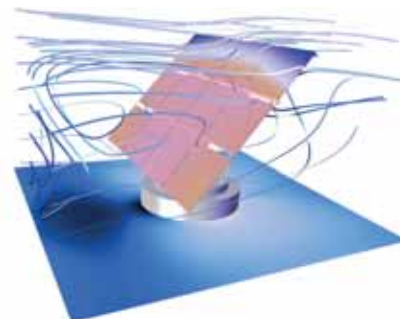
· 가속도계	· 압전기
· 액추에이터	· 압전저항기
· 벌크 탄성파(BAW) 장치	· RF MEMS
· 외팔보	· 센서
· 커패시터	· 표면 탄성파(SAW) 장치
· 자이로스코프	· 열 액추에이터
· 자기변형 장치	
· 공진기	

CFD Module | 전산 유체 역학 (CFD) 해석

COMSOL Multiphysics® 추가 제품인 CFD Module을 이용하면 단일 유체 흐름 또는 다른 물리 현상과 연동한 유체 흐름을 포함하는 시스템을 연구하는 모델을 정의하고 해석할 수 있습니다. CFD Module은 유체 흐름 해석의 기초를 모델링 하기 위해 다음과 같은 기능들을 제공합니다.

이러한 기능은 2차원, 2차원 축 대칭 및 3차원에서 시간 의존적 및 정상 상태 흐름 문제를 정의, 해석, 분석하기 위해 정형화된 유체 흐름 인터페이스를 통해 구현됩니다. 이 외에 CFD Module에는 비 뉴턴 유체, 회전 기계 및 높은 마하 수 흐름을 포함하는 문제를 해석할 수 있습니다.

CFD Module을 사용하여 유체 해석을 하는 동일 소프트웨어 환경에서 열전달과 화학반응을 동시에 결합한 모델링을 할 수 있습니다. 유체-구조 연동(FSI)과 같은 다중 물리 분야는 COMSOL® 제품군의 다른 모듈과 결합하여 구현할 수 있습니다.



- 비압축성 및 압축성 흐름
- 층류 및 난류
- 단상 및 다상 흐름
- 자유 흐름 및 다공성 매질에서의 흐름과 열린 영역(domain)에서의 흐름.
- 박막 흐름

제품특징

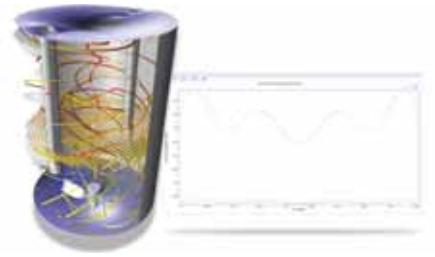
· 층류와 난류를 위한 Navier-Stokes 방정식 · 난류의 모델링을 위한 Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS) 방정식과 Large Eddy Simulation (LES) 모델 · k-epsilon, low-Reynolds k-epsilon, k-omega, SST (Shear Stress Transport), Spalart-Allmaras 등의 RANS 인터페이스와 RBVM, RBVMWV, Smagorinsky의 LES 인터페이스 · 기본적인 비등은 층류와 난류에서 부력 항목 · 분산된 다중 유동을 위한 Euler-Euler Model, Bubbly Flow, Mixture Model 방법 · 분리된 다중 유동을 위한 Phase Field 와 Level Set 인터페이스 · 가스와 액체에서 전도와 대류 · Darcy's Law와 Brinkman 방정식을 통한 유동 밀도와 다공성 매체의 회박 · 다공성 매체와 Conjugate Heat Transfer의 모델링을 위한 물리 인터페이스	· Euler 방정식을 이용한 Compressible high Mach number · 특화된 반응 유동 인터페이스에 의한 희석 솔루션에서 물질의 확산과 대류 · 유체 유동, 대류 열, 질량 전달을 위한 조정할 수 있는 crosswind와 등방성 확산 안정 방법 · 비 뉴턴 유체의 모델링을 위한 Carreau와 Power-Law 모델 · 윤활과 마찰을 위한 얇은 필름 유동 · 얇은 스크린, 주기적 경계 조건, 입구에서 층류 프로파일 특성과 같은 다양한 경계조건 · 자동 경계 층 메쉬와 벽 함수가 정의된 하이브리드 메쉬 · 레이놀즈, 프란틀, 누셋, 레일리, 그라쇼프 수의 계산을 위해 만들어진 변수 · 경계 또는 도메인에 대한 평균값을 포함하여 후처리 과정 동안 모델링에서 사용된 변수의 임의의 표현을 공식화하는 기능, 예를 들면 양력과 항력 계수 계산 · 입자가 유동(Lagrange-Euler)에 영향을 미칠 수 있는 Particle tracing 방법¹
---	---

¹ Particle Tracing Module 필요

Mixer Module | 혼합기, 교반 반응기, 회전 기기 내에서의 유체 유동 해석

CFD Module에 추가되는 Mixer Module은 유체 혼합기와 교반식 반응기(stirred reactor)를 해석할 수 있습니다. 회전 기계 내부의 유체 유동을 시뮬레이션 하기 위한 전용 기능을 제공하는 Mixer Module은 서로 다른 유체와 자유 표면을 모델링 하기 위한 물질 데이터를 제공합니다.

회전하는 부품이 있는 혼합기는 가전 제품의 생산, 의약품, 식품과 정밀화학 제품 같은 많은 산업 공정에서 사용됩니다. 혼합기는 제품이 적은 양으로 생산되고 높은 가격으로 판매되는 일상적인 경우에도 다양한 목적을 위해 배치 공정에 사용될 수 있습니다.



모든 혼합 과정들은 공통적으로 품질, 재현성, 제품의 균일성이 가장 중요합니다. 이러한 제품 요건이 충족하는지 확인하는 하나의 방법은 혼합 공정 조작과 혼합기 자체를 설계 및 최적화하기 위한

시뮬레이션을 하는 것입니다. 모델 및 시뮬레이션은 파일럿 과정에 의해 유효성을 검사할 수 있고, 그 다음 정률 증가 계산을 위해 사용될 때 유용합니다. 검증이 완료되면, 이러한 모델은 실험실에서 본격적인 생산으로 가는 과정에서 발생하는 구축과 실행에 관련된 비용을 절약하기 위해 사용될 수 있습니다.

▶ 제품특징

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> · frozen rotor와 슬라이딩 메서드를 포함하는 회전 기기에서의 유동 · k-epsilon model, k-omega model, Low Reynolds number k-epsilon model이 포함된 난류 · 비압축성과 낮은 마하수 압축성 유동(low Mach-number compressible flow) · 비뉴턴 유체 모델링을 위한 Carreau과 Power-Law 모델 · 임펠러, 샤프트 및 탱크를 위한 매개 변수화된 기하학 부품들이 포함된 부품 라이브러리 · 회전기기에서의 비등온 유동(Non-isothermal flow) <ul style="list-style-type: none"> - 종류와 난류 - 유체와 회전 또는 비 회전 고체 부품 사이에서의 열전달 - 복사 현상을 포함하는 Heat Transfer Module과의 결합 - 회전 기계의 종류 및 난류 반응 유동 | <ul style="list-style-type: none"> · 표면 장력과 접촉각 효과를 가진 자유 계면 모델링 · 일반 유체들 간의 표면 장력 계수에 대하여 선정의된 라이브러리 · 다양한 유체에 대한 접근을 통한 고급 후처리 및 시각화 · 다수의 혼합기 구성에 대하여 조정 가능한 모듈형 혼합기 모델 <ul style="list-style-type: none"> - 세 가지 유형의 임펠러 및 두 가지 유형의 용기에 대하여 지원 · 일반적인 입자 추적을 위한 Particle Tracing 모듈과의 결합 |
|--|---|

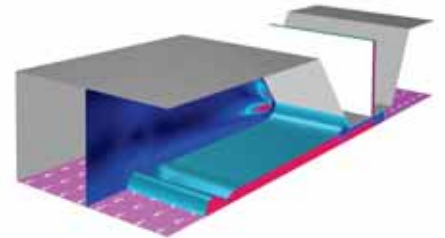
Polymer Flow Module | 비뉴턴 유체 흐름 해석

비뉴턴(Non-newtonian) 유체는 중합체, 식품, 제약, 화장품, 가정 및 정밀 화학 산업과 같은 매우 다양한 공정에서 발견됩니다. 이러한 유체의 예로는 코팅, 페인트, 요구르트, 케첩, 콜로이드 현탁액, 약물의 수성 현탁액, 크림, 샴푸, 펩타이드 및 단백질 현탁액 등이 있습니다. 최종사용자를 위한 고 품질의 제품을 보장할 수 있도록, 모델링 및 시뮬레이션을 사용하여 이러한 유체와 관련된 과정을 설계하고 최적화합니다.

Polymer Flow Module은 점탄성, 요변성(thixotropic), 전단 농축(shear thickening) 또는 전단 반화(shear thinning) 특성을 가진 비 뉴턴 유체와 관련된 문제를 정의하고 해결하는데 사용되는 COMSOL Multiphysics의 add-on 제품입니다. 경화 및 충합을 모델링 하기 위해 온도 및 조성 함수로 유체의 특성을 고려할 수 있습니다.

다음과 같은 점탄성, 비탄성 비뉴턴 모델을 제공하고 있습니다.

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Oldroyd-B • Giesekus • FENE-P • LPTT • Power Law • Carreau • Carreau-Yasuda | <ul style="list-style-type: none"> • Cross • Cross-Williamson • Ellis • Bingham-Papanastasiou (Viscoplastic) • Casson-Papanastasiou (Viscoplastic) • Herschel-Bulkley-Papanastasiou • Robertsson-Stiff-Papanastasiou • DeKee-Turcotte-Papanastasiou Houska thixotropy (Thixotropic) |
|---|---|



또한, 코팅, 자유 계면 및 금형 충전을 시뮬레이션할 때 액체-공기 계면을 모델링 할 수 있도록 표면 추적 방법을 기반으로 하는 이상유동(two-phase) 해석을 위한 물리식을 지원하고 있습니다. COMSOL Multiphysics의 다른 모듈들과 결합하여 시간 종속적인 유체-구조 상호 작용(FSI) 현상을 모델링 할 수도 있습니다.

Microfluidics Module | 미세유체 장비의 다중물리현상 해석

Microfluidics Module은 마이크로 유체 장치 연구를 위해 쉽게 접근할 수 있는 기능들을 제공합니다.

Microfluidics Module은 단상(single-phase) 유동, 다공성 물질 유동, 이상(two-phase) 유동과 전달 현상을 시뮬레이션하기 위한 물리인터페이스를 제공합니다.

Microfluidics Module은 주로 층류, 특히 creeping (Stokes) flow ($Re \ll 1$)가 적용되는 마이크로 유체 유동을 위해 특별히 고려되었고, 이러한 마이크로 스케일에서의 운동량, 열과 물질 전달을 제어하기 위해 설계되었습니다.

이 외에도 마이크로 스케일에서의 전기 영동, 자기 영동, 유전체 영동, 전기 삼투 및 전기 흡윤의 물리현상들을 포함하는 동 전기 및 자기력 시뮬레이션을 쉽게 설정할 수 있습니다. 또한 모듈에 포함 된 희석 화학 종에 대한 화학적 확산 및 반응을 통해 랩온어칩 (lab-on-a-chip) 장치에서 발생하는 과정을 시뮬레이션 할 수 있습니다. 또한, 표면 장력, 모세관 힘 및 마랑고니 효과(Marangoni effect)를 적용해서 level set, phase field를 사용한 2-상(two-phase) 흐름을 시뮬레이션할 수 있습니다.



▶ 제품특징

- 이방성 다공성 물질 유동
- 크리프 유동(Creeping flow)과 층류
- 모세관력
- 동전기 효과
- Fluid-structure interaction (FSI) ¹
- 다공성 물질을 위한 Forchheimer drag
- 층류
- 마랑고니 효과
- 마이그레이션 효과
- 다수 종(species) 사용자 인터페이스
- 뉴턴과 비뉴턴 유동
- 유동에 영향을 주는 입자에 대한 입자 추적 법(Lagrange-Euler) ²
- Slip flow
- 2D 유동에 대한 얇은 채널 근사치
- 표면 장력 효과
- Level-set법과 phase-field법을 이용한 이상유동(Two-phase)
- ALE 기반인 moving mesh을 이용한 이상유동(Two-phase)
- 마이크로 유체 구성에서 채널에 대해 매개 변수화된 형상 부품을 가진 라이브러리

¹ Structural Mechanics Module 또는 MEMS Module이 필요
² Particle Tracing Module이 필요

▶ 응용분야

- 모세 장치
- 화학 및 생화학 센서
- 유전영동
- DNA 칩
- 전기 용합
- 동전기 유동
- 전기침투
- 전기흡윤
- 유화액
- 잉크젯
- 랩온어칩
- 자기영동
- 마이크로반응기
- 마이크로펌프와 마이크로 혼합기
- 미세유체 센서
- 광자유체

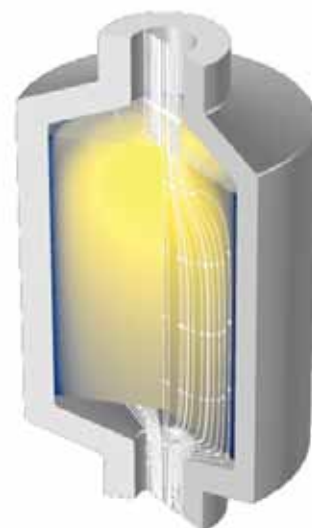
Porus Media Flow Module | 다공성 매질에서의 수송 현상 해석

다공성 물질은 자연적인 또는 인공적인 시스템에서 많이 존재하며, 많은 산업 분야에 걸쳐 진보된 다공성 물질 모델링이 필요합니다. 연료 전지, 펄프 및 제지의 건조 과정, 식품 및 여과 공정 등이 그 예입니다. Porous Media Flow Module은 COMSOL Multiphysics® 의 모델링 환경을 넓혀 다공성 물질에서의 질량, 운동량 그리고 에너지 수송을 정량적으로 연구할 수 있습니다. 적용분야로는 Darcy's 법칙을 기반으로 하는 기존의 다공성 물질에서의 흐름으로부터 열전달, 화학 공학 등을 포함하는 non-Darcian 흐름 및 다중 물리 흐름 분석에 이르기까지 다양합니다.

Darcy's 법칙, Brinkman's 방정식 그리고 자유 및 다공성 물질 흐름의 조합을 기반으로 하는 다공성 물질에서의 단일상(single-phase) 흐름을 모델링하는 기능을 이용하여 다공성 물질에서의 균열 현상이 유동 흐름에 지배적인 영향을 행사 할 수 있으며, 균열 흐름을 위해 특화된 인터페이스는 임의의 다공성 물질 흐름 모델과 결합될 수 있습니다.

평균 상의 체적 분율을 적용하여 다공성 물질을 통과하는 다중 비혼합 상의 흐름을 계산할 수 있습니다. 가변 포화 다공성 물질의 경우, 유체가 일부 공극은 채우고 다른 곳은 배수 되면서 다공성 물질을 통해 이동할 때, 유압 특성이 변화는 매질에 대해 해석을 수행하고자 Richards 방정식을 기반으로 하는 비선형 유동 옵션을 사용할 수 있습니다.

Darcy's 법칙과 Darcy's 법칙의 Brinkman's 보정 방법은 공극에서의 내부 속도가 크리핑(creeping) 흐름 근사치를 유지할 수 있을 정도로 충분히 낮은 경우에 한해서만 적용됩니다. 더 높은 내부 흐름 속도를 위해서는 운동량 방정식에 비선형 보정을 추가 할 수 있습니다. Brinkman 방정식, 자유 및 다공성 물질 흐름 그리고 Darcy's 법칙 인터페이스에는 침투성 모델에 대한 non-Darcian 설정을 포함하고 있습니다. 사용 가능한 설정은 Brinkman 방정식에서의 Forchheimer 와 Ergun 모델, Darcy's 법칙 및 Porous Media 인터페이스에서의 다중물리 흐름에 대한 Forchheimer, Ergun, Burke-Plummer, 그리고 Klinkenberg 모델입니다.



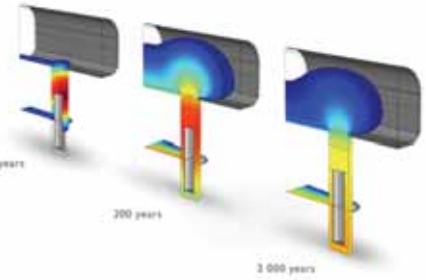
Subsurface Flow Module | 지하 흐름을 기반으로 지구 물리학 현상 분석

Subsurface Flow Module은 지하 또는 다공성 물질에서의 유체 유동을 시뮬레이션하고 공극탄성(poroelasticity), 열전달, 화학 및 전자기장 같은 다른 물리 현상과 유동을 연동하기 원하는 엔지니어와 과학자를 위한 모듈입니다.

이 모듈은 지하수 유동, 토양을 통한 폐기물 및 오염 확산, well에서의 오일과 기체의 유동, 지하수 추출에 의한 토지 침하를 모델링 하기 위해 사용할 수 있습니다. Subsurface Flow Module은 채널 내 지하 유동, 포화 및 가변 포화 다공성 물질 또는 균열을 모델링 할 수 있고, 용질과 열 수송, 지구 화학적 반응과 공극탄성(poroelasticity)을 연동할 수 있습니다. 많은 서로 다른 산업들은 지구 물리학과 수문학에 대한 문제를 처리해야 합니다. 토목, 광업, 석유, 농업, 화학, 원자력, 환경 공학 분야 등에서의 엔지니어들은 산업들이 우리가 살고 있는 지구에 직접 또는 간접적(환경적 고려를 통해)으로 영향을 미치는 현상에 대해 고려해야 합니다.

Subsurface Flow Module내에는 지하 환경에서의 유동과 다른 환경의 모델링을 위해 특정 물리 현상을 기술한 맞춤형 인터페이스들이 포함되어 있습니다. Subsurface Flow Module안에 있는 물리 인터페이스들

끼리 결합하고 직접 사용하거나, COMSOL® 제품군에 있는 다른 모듈의 물리 인터페이스와 같이 사용할 수 있습니다. 이것에는 Geomechanics Module안에 있는 흙과 바위를 위한 비선형 고체역학 어플리케이션에 Subsurface Flow Module에서 기술된 공극탄성(poroelastic)과의 결합이 포함되어 있습니다.



▶ 제품특징

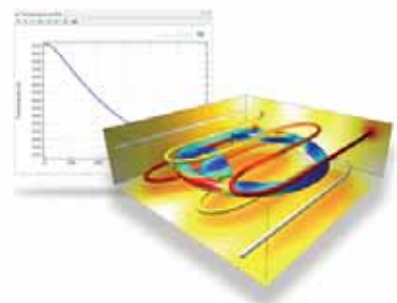
- Richards' 방정식 사용을 통한 가변 포화 다공성 물질에서의 유동
- van Genuchten, Brooks와 Corey 공식을 통한 가변 포화 물질의 보유율(Retention rate)
- Darcy's Law와 Brinkman 방정식을 통한 포화된 다공성 물질에서의 유동
- Navier-Stokes 방정식과 Stokes 유동 공식을 통한 채널내 유동
- 균열 내에서의 유체 유동
- 대류와 확산을 통한 물질 전달
- 대류, 확산과 흡착과 지연 계수(retardation factor)가 고려된 분산을 통한 용질 수송
- 다공성 매질 및 균열에서의 종의 이동
- 지구 화학적 반응 운동(geochemical reaction kinetic)을 위한 항
- 전도와 대류를 통한 고체와 액체에서의 열전달
- 대류와 열확산, 상들(phases)에서 전도성을 위한 혼합 모델, 상들(phases)간에 다른 전도성이 고려된 다공성 물질을 통한 열전달
- 지열 난방을 위한 항
- 공극 탄성(poroelastic) 압밀 & 함몰 해석

▶ 응용분야

- 강 어귀(Estuary)와 강가(riparian) 해석 - 유동, 이류(advection), 확산
- 가스 저장, 교정, 격리
- 다공성과 섬유 물질의 기계 및 중력 탈수
- 석유 공학
- 지하수와 표토 유동(topsoil flow)에서의 오염체 해석
- 얇은 물 흐름(Shallow water flow)와 유사 이동(sediment transport)
- 지하 수면 해석과 지하수 안의 염류 인트루전(saline intrusion)
- 수원 해석
- 지하수 유동

Pipe Flow Module | 파이프 시스템 내의 이동현상 및 음향 해석

Pipe Flow Module은 파이프와 채널 네트워크에서 유체 유동, 열과 물질 전달, 수력학적 과도상태, 음향의 시뮬레이션에 사용됩니다. 이 모듈은 엔진 블럭의 냉각 파이프 또는 관에 연결된 입/출구 채널과 같은, 큰 개체들에 있는 파이프에 미치는 영향을 모델링 하기 위해 COMSOL® 제품군의 다른 모듈들과 쉽게 통합될 수 있습니다. 이 모듈은 파이프 네트워크의 모델에서 사용하는 컴퓨터 리소스를 절약하면서, 파이프 네트워크 내에서 모든 변수들 - 파이프와 채널의 속도, 압력, 물질농도, 온도분포를 제공 할 뿐만 아니라 음향 파의 전달과 수격 효과 - 에 대한 자세한 설명을 고려할 수 있습니다. 또한, Pipe Flow Module은 완전히 발달된 유동에 대한 길이가 긴 파이프와 채널에서 비압축성 유동의 모델링에 적합합니다. 2차원 또는 3차원 메시에서 사용하여 파이프 단면의 메시를 만들지 않고 엣지에서 접선 평균 속도 성분을 가지는 엣지 요소를 사용합니다. 내장된 Darcy friction factors는 층류, 난류, 뉴턴, 비뉴턴, 서로 다른 면적의 모양 및 형상, 상대 표면 거칠기 값의 넓은 범위를 포함하는 전체 유동을 커버합니다. Pipe Flow Module은 굴곡, 수축, 확장, T-junction, 산업 표준 손실 계수를 통해 계산된 값들의 영향을 고려하고 펌프는 유동 장치로서 고려됩니다.



▶ 제품특징

- 파이프와 채널 네트워크에서 층류와 난류
- Darcy friction factors
- 굽힘, 수축, 확장, T-junctions, 밸브를 위한 산업 표준 손실 계수 라이브러리
- 펌프를 위한 유동 유도 계수
- 모든 유동 영역을 위한 비 등온 유동과 열 전달의 연동
- 파이프 내부 유동 및 주변 환경에 대한 열전달 (파이프 벽이나 고체 등을 통한 전도, 그리고 주변 체적에 대한 자연대류 및 강제대류를 포함)
- 뉴턴과 비 뉴턴 유체
- 파이프 유동과 물질 전달을 연동한 반응 유동(Reacting Flow)
- 파이프 네트워크에서 급격한 수력학적 천이에 의한 수격 효과
- 주파수와 시간 영역에서의 파이프 음향 해석¹

¹ Acoustic Module 필요

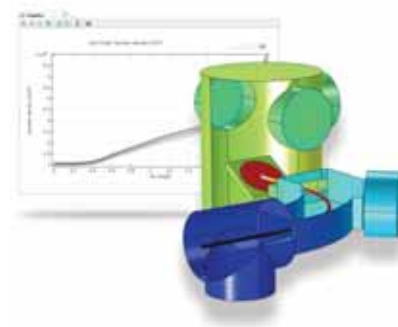
▶ 응용분야

- 파이프에서 화학 반응
- 냉각 시스템
- 지열 시스템
- 열 교환기와 냉각 플랜지
- 파이프에서 열 전달
- 수리학
- 윤활
- 비 등온 파이프 유동
- 정유 파이프 시스템
- 파이프 음향
- 파이프 유동
- 화학 공정에서 파이프 네트워크
- 물과 오일 파이프 라인
- 수격 방정식

Molecular Flow Module | 진공 시스템에서의 저압 기체 유동 모델링

진공과 관련된 공학자들과 과학자들은 진공 시스템을 설계하고 저압의 가스흐름을 이해 및 예측 하기 위하여 Molecular Flow Module을 사용합니다. 이러한 해석 툴의 사용은 진공 시스템에 대한 이해를 향상시키고, 프로토타입을 제작하는 데 사용되는 비용을 줄이며, 개발 속도를 높일 수 있기 때문에 널리 보급되고 있습니다. 진공 시스템은 일반적으로 프로토타입을 제작하는데 드는 비용이 많습니다. 따라서 설계 프로세스에서 해석을 많이 사용하면 상당한 비용 절감이 가능합니다. 진공 시스템 내부의 가스 흐름은 기존 유체 흐름과는 다른 물리학에 의해 설명될 수 있습니다. 저압에서, 가스 분자의 평균 자유경로는 시스템의 크기와 비슷해지며, 가스 희박현상이 매우 중요해집니다.

Molecular Flow Module은 이전에 사용할 수 없었던 시뮬레이션 기능을 제공하여 복잡한 형상의 저압 가스 흐름을 정확하게 모델링합니다. 반도체 처리, 입자 가속기 및 질량 분석기에 사용되는 것을 포함한 진공 시스템의 시뮬레이션에 이상적으로 적용될 수 있습니다. 작은 채널(예: 세일 가스 탐사 및 나노 사이즈 다공성 매질 내에서의 유체 흐름)에서도 적용 할 수 있습니다. Molecular Flow Module은 몬테 카를로(DSMC)방법 대신 각도 계수법(Angular Coefficient method)를 사용하여 정상 상태의 자유 분자 흐름을 시뮬레이션하여 분자 플럭스, 압력, 수 밀도 및 열유속을 표면에서 계산 가능합니다. 수 밀도는 주변 표면의 분자 자속으로부터 도메인, 표면, 모서리 및 점에서 재구성 될 수 있습니다. 등온 및 비등온 분자 흐름을 모델링하고 가스 분자로부터의 열 유속 역시 계산할 수 있습니다.



▶ 제품특징

- 각도 계수법을 이용한 등온 및 비등온 유동
- 도메인, 경계, 모서리 및 점에서의 수 밀도 재구성
- 복합중
- 유입 경계에 대한 확산 유속, 증발 및 저장 조건
- 유출 경계를 위한 총 진공 및 진공 펌프 조건
- 가스 방출, 열 탈착, 흡착 및 벽 증착 조건
- 비 등온 유동에 대한 추가적인 온도 경계 처리
- 전체 형상 또는 표면부에만 격자 처리

▶ 응용분야

- 진공 시스템
- 반도체 공정 장비
- 물질 가공 장비
- 초 고진공 화학 기상 증착 (UHV / CVD)
- 이온 주입
- 충전 교환 셀
- 열 증발

Metal Processing Module | 금속 상태의 상변화(상전이) 해석

Metal Processing Module은 금속 상태에서의 상변화를 분석할 수 있는 Metal Phase Transformation과 Austenite Decomposition 인터페이스를 제공합니다. 이 인터페이스는 확산형 상변화뿐만 아니라 변위형 상변화를 모델링 할 수 있는 기능을 제공합니다. Metal Processing Module은 COMSOL Multiphysics®의 다른 모듈과 마찬가지로 다중물리현상을 위해 개발되었습니다.

Metal Phase Transformation 인터페이스는 열처리 공정 중인 변속기 기어, 샤프트, 차축과 같은 부품 내에서 상 구성을 해석함으로써 가열 혹은 냉각 중에 있는 금속과 같은 재질 내에서 발생하는 금속 상변화를 연구하는데 사용할 수 있습니다.

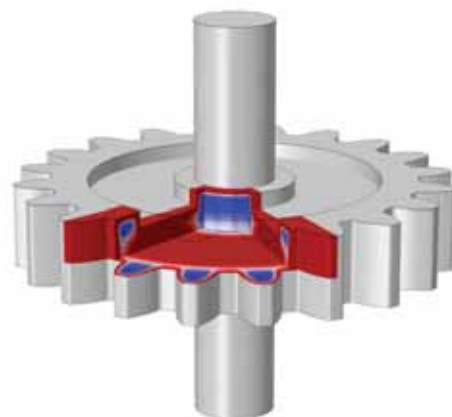
상변화 모델로서 세 가지를 제공하고 있습니다 :

- Leblond-Devaux 모델
- Johnson-Mehl-Avrami-Kolmogorov (JMAK) 모델
- Koistinen-Marburger 모델

Austenite Decomposition 인터페이스는 Metal Phase Transformation 인터페이스에 기반을 두고 있으나, 금속의 담금질 해석에 특화되어 있습니다. 시간 경과에 따른 구성 요소 내 임의의 부위에서의 진화 정도 및 담금질 후에 잔류 응력이 어느 정도인지를 해석할 수 있습니다.

주어진 상변화에 대해 시험을 통한 교정이 필요합니다. Metal Phase Transformation과 Austenite Decomposition 인터페이스를 통해, 실험 데이터에 대한 교정을 용이하게 하기 위해 공통 위상 변환 다이어그램(예, 연속냉각변태곡선, CCT)을 계산할 수 있습니다.

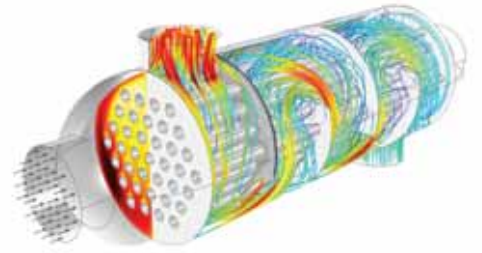
이 모듈은 Heat Transfer Module과 연동해서 유해 열 관련 물성, 상변화 잠열, 복사효과와 같은 보다 정교한 열전달을 지원합니다. 유사한 방법으로, Structural Mechanics Module과 연동하여 잔류응력, 상변화 변형률 및 변형을 해석할 수 있습니다. Metal Processing Module은 변태유기소성(TRIP)과 같은 효과적인 구조물성과 현상을 계산할 수 있고, 열변형을 포함하고 있습니다.



Heat Transfer Module | 고체와 유체에서의 일반적 열전달 해석

COMSOL Multiphysics® 플랫폼의 추가 제품인 Heat Transfer 모듈을 이용하여 전도, 대류 및 복사에 의한 열전달을 분석합니다. Heat Transfer 모듈에는 열적 설계 및 열적 부하의 영향을 조사하기 위한 포괄적인 기능들을 포함하고 있습니다. 사용자는 장치, 구성 요소에 대한 모델링이나 건물 전체에서의 온도 분포 및 열 유속을 모델링 할 수 있습니다. 소프트웨어에 포함된 다중 물리 모델링 기능을 통하여 쉽게 여러 물리 효과를 연동하면 시스템 또는 디자인의 실제 현상을 가상적으로 살펴볼 수 있습니다.

열전달이 주요 관심 분야이면, 더 크고 복잡한 분석의 일부이건 간에 여러 물리적 효과를 한꺼번에 처리해야 할 가능성이 큼니다. COMSOL® 소프트웨어의 다중 물리 모델링 기능을 사용하면 하나의 시뮬레이션 환경에서 완벽하고 철저한 분석을 수행할 수 있습니다. 이 직관적인 모델링 및 시뮬레이션 접근 방식은 열전달 및 응용 프로그램에 포함 된 모든 물리적 현상을 설명하는데 사용할 수 있습니다.



▶ 제품특징

- 마찰 가열, 열 응력, 고체 변형이 고려된 열전달
- 기체와 액체에서 전도와 대류
- 자연 대류와 비등은 유동 제공
- 복합 열 전달
- 공극에서의 전도와 대류, 고체에서의 전도를 통한 다공성 매질의 열전달
- 다공성 매질의 열 분산
- 피 관류 비율과 신진 대사의 열원을 위한 통계표를 포함하는 벤치마크 생체열
- 얇은 셀과 고(高) 전도층에서의 열 전달
- 비 등온 유동을 포함하는 k-epsilon과 low Reynolds k-epsilon 난류 모델
- 표면-주변과 표면-표면 복사를 통한 불투명 표면의 열전달
- 투영 또는 반투명 매질을 통한 방출, 흡수, 분산
- 저장 또는 줄 가열
- 잠열을 포함한 상변화 제공
- 이방성 전도계수와 곡선 좌표계에서의 계산
- 후처리된 변수들의 완벽한 접근
- 유체유동, 대류 열전달, 열 소스 위한 유선형, 열바람과 등방성 확산 방법
- 농도 감지 표시를 포함한 습한 공기 모델링 위한 인터페이스
- 압축 전도도(Cooper-Mikic-Yovanovich와 Mikic Elastic Correlation), 겹 전도도, 방사 전도도를 통한 표면간의 열 접촉 모델링
- 레이놀즈, 프란틀, 누셋, 레일리, 그라쇼프 수의 계산을 위한 내장 변수
- Kays-Crawford 난류 모델에 의한 난류 전도율 계산

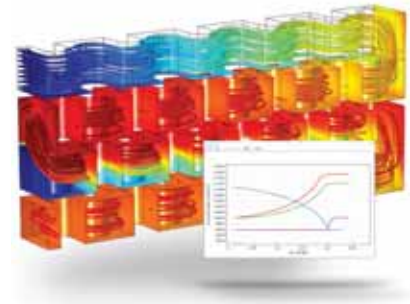
▶ 응용분야

- 아크 용접
- 생체열 치료와 열 치료법
- 주조 및 열 처리
- 디스크 브레이크
- 전자 냉각
- 식품가공, 조리, 살균
- 마찰 교반 용접
- 전기로와 버너 디자인
- 열 변환기와 냉각 플랜지
- 레이저 용접과 레이저 가열
- 재질 열 처리
- 복합 열 전달
- 건조와 동결 건조
- 다공성 매체의 열 전달
- 저항과 유도 가열
- 응고
- 건물과 구조물의 에너지 효율
- 전력 전자와 전자 냉각
- 서모볼텍 세포
- 열 부하

Chemical Reaction Engineering Module | 물질전달, 열전달, 화학반응 해석을 위한 모듈

반응기, 여과장치, 교반기, 그리고 다른 공정을 최적화 하는 작업이 Chemical Reaction Engineering Module로 쉽게 구현될 수 있습니다. 기체, 액체, 다공성 매질, 표면, 그리고 고체 내부와 같은 환경 또는 이것들이 혼합된 모든 환경에서 임의의 화학반응과 함께 물질 전달과 열전달을 함께 해석하기 위한 기능을 갖추고 있습니다. 이 모듈은 화학 및 공정 산업의 모든 면을 아우를 수 있으며, "단위 공정" 또는 "화학 반응기"를 다루는 환경 공학 분야에서도 다룰 수 있습니다.

Chemical Reaction Engineering Module은 다수의 화학종에 대한 대류, 확산, 그리고 이온 운동을 통해 희석/농축 용액 또는 혼합물의 물질 전달을 정의하기 위한 직관적인 사용자 인터페이스를 제공합니다. 반응속도에 대한 온도 및 농도의 영향을 포함한 아레니우스 식(Arrhenius equation), 또는 임의의 반응식으로 정의할 수 있는 가역, 비가역, 평형반응속도식을 쉽게 연계할 수 있습니다. COMSOL®은 질량 작용 법칙을 사용한 적절한 반응식을 설정하며, 이 부분은 사용자 용도에 맞게 수정하거나 대체할 수 있습니다. 공간 또는 표면에서 반응식의 양론계수는 균일 또는 불균일 반응기 조건에 대해 물질 및 에너지 수지를 자동적으로 정의하기 위해 사용됩니다.



▶ 제품특징

- 화학식을 기반으로 하는 반응속도 수식 생성이 자동으로 제공되는 이상 반응기 모델.
- 희석/농축 혼합물에 대한 물질전달
- 확산, 대류, 그리고 이온 운동을 통한 물질전달
- 다성분 물질 전달
- Fickian, Nernst-Planck, Maxwell-Stefan, 그리고 Mixture-averaged 전달 모델
- Soret 효과를 고려한 다성분 확산
- 얇은 막 내에 확산
- 확산 막
- 다공성 매질의 화학종 전달 및 열전달
- 물질 전달 매개변수에 대한 공극 보정 모델
- 층류 및 다공성 매질의 유동흐름
- Hagen-Poiseuille 식
- 나비에-스톡스(Navier Stokes), 다시의 법칙(Darcy's Law) 그리고 브린크만 식(Brinkman Equations)
- Reacting flow 인터페이스
- 표면 확산 및 반응
- 표면에서 화학종의 흡수, 흡착, 그리고 증착
- 네른스트-플랑크-포아송 식(Nernst-Planck-Poisson Equations)
- 전기 영동 전달
- 다중 스케일 전달과 반응 기능
- 등온 및 비등온 환경에서 임의로 정의된 화학반응속도식을 갖는 무제한 수의 화학 종 구현 가능
- 아레니우스(Arrhenius) 모델
- 표면에서 화학종의 등온 흡착, 흡수, 그리고 증착
- 자유 및 다공성 매질의 반응 유체
- 유체에서 물리적 물성을 계산하기 위한 열역학 물성 데이터베이스
- 반응속도 데이터, 열역학 및 전달 물성에 대한 CHEMKIN® 파일 불러오기 기능
- CAPE-OPEN 형식에 대한 열역학 데이터베이스 지원

▶ 응용분야

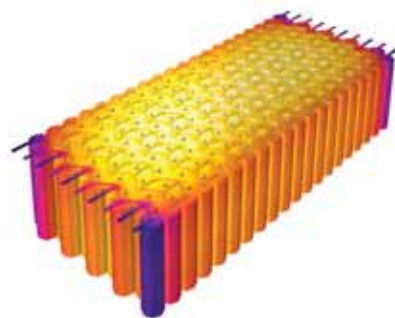
- 회분식, 관형, 탱크 반응기
- 반응기 설계, 크기, 최적화
- 다성분, 분리막 전달
- 충전층 반응기
- 표면에서 흡수, 흡착, 증착
- 플라스틱과 고분자 제품
- 선택적 환원 촉매 및 SCR 촉매
- 수소 개질기
- 반도체 공정과 CVD
- 미세유체 및 초미세화로 장비
- 생화학 및 음식 과학
- 제약 합성
- 전기화학공학
- 크로마토그래피
- 삼투, 전기 영동, 전기침투
- 여과와 침전
- 배기 후 처리 및 배출 제어
- 발표 및 결정화 장비
- 집진 장치, 분리기, 수세기, 침출 공정
- 가열기 및 내부 연소 엔진
- 단일체 반응기 및 촉매 전환기

Battery Design Module | 배터리 디자인 및 최적 설계 해석

배터리 모델링은 시뮬레이션의 목적에 따라 다양한 수준의 세부 정보가 필요합니다. Battery Design Module은 COMSOL Multiphysics® 소프트웨어의 추가 제품으로서, 배터리의 다공성 전극과 같이 매우 세밀한 구조에서부터 열관리 시스템을 포함한 배터리 팩까지 다양한 스케일을 기술하는 것을 포함합니다.

Battery Design Module을 이용해서 기술할 수 있는 물리 현상들은 예를 들어, 전하 및 중성 입자의 전달현상과 전하 수지, 화학 및 전기화학 반응, 저항 가열과 전기화학 반응으로 인한 열 효과, 열전달, 유동, 그리고 배터리 시스템을 이해하기 위해 중요한 다른 물리적 현상들을 포함합니다. 또한, 이미 잘 알고 있고 확립된 배터리 시스템의 경우 물리 기반(physics-based) 또는 등가회로(equivalent circuit) 기반 집중(lumped) 모델도 사용가능 합니다.

5.6버전의 출시와 함께 Batteries & Fuel Cells 모듈의 모든 기능을 보유하면서 모듈명이 Battery Design 모듈로 변경되었습니다.



제품특징

- 희석/농축 용액에서 Nernst-Planck 식
- 생성과 소모로서 균일 및 전기화학 반응을 포함하는 기체의 전달현상에 대한 Maxwell-Stefan 식
- 전극에서 전류의 보존과 옴의 법칙
- 전극 반응에 대한 물질과 전류 수지의 자동적 연동에 대한 양론계수 및 패러데이 법칙
- 활성 및 농도 과전위를 고려한 전극 반응속도(Butler-Volmer 와 Tafel 식)
- 운전 조건에 종속적인 계면 두께 변화를 고려한 고체 전해질 경계면(SEI)
- 이중층 캐패시턴스의 영향을 포함하여, 모든 형성된 시스템에서의 전기화학 임피던스 분광학(AC 임피던스) 해석
- 전기화학 시스템을 적용한 해석 설정을 갖춘 정상상태 해석 및 시간해석
- 전극과 전해질에서 옴 손실로 인한 줄가열 및 활성 손실 때문에 발생한 열
- 분리막 처럼 배터리 물질의 화학적 약화 때문에 발생하는 노화의 해석에 대한 화학 종 전달 및 반응

응용분야

- Design and operation studies of:
 - 납축전지
 - 리튬 이온 전지
 - 리튬 전고체 전지
 - 니켈-수소 전지
 - 니켈-카드뮴 전지
 - 바나듐 흐름 전지
 - 배터리 팩
 - 집전장치 및 공급기
 - 다공성 전극
- Modeling and simulations of:
 - 열관리
 - 배터리 열화
 - 전지 단락
 - 구조, 열, 화학적 효과 때문에 노화 메커니즘

Fuel Cell & Electrolyzer Module | 연료전지 및 수전해 해석

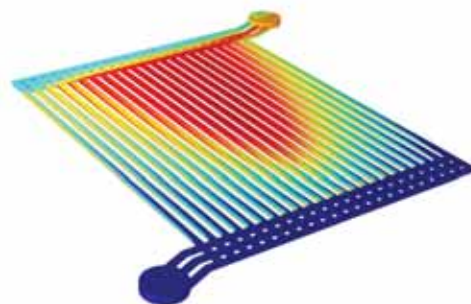
Fuel Cell & Electrolyzer Module은 COMSOL Multiphysics® 소프트웨어의 추가제품이며, 연료전지와 전해조(수전해) 시스템에 대해 깊이 있게 이해를 하고자 하거나, 또는 이를 통해 전기화학 셀을 설계하고 최적화 하기 위해 유용하게 사용할 수 있습니다. 해석할 수 있는 셀 타입으로 PEMFC, AFC, MCFC, SOFC의 연료전지와 관련 수전해 시스템이 있습니다. 하지만, 다른 종류의 연료전지와 수전해 시스템을 모델링하기 위해 사용할 수 있습니다.

Fuel Cell & Electrolyzer Module은 연료전지와 수전해 시스템에서 발생하는 물질전달, 화학반응, 그리고 전기화학반응에 대한 세부적인 기술을 포함하고 있습니다. 이 모듈은 연료전지와 수전해 시스템의 주요 구성요소인 기체확산전극, 공극 전해질, 분리막 전해질, 그리고 분리판에 대한 모델식을 제공하고 있습니다. 이를 통해 정상상태 또는 과도 실험 작동에서 0D, 1D, 2D, 그리고 3D 해석을 수행할 수 있습니다.

수소와 산소전극에서 기체 혼합물의 함유량은 서로 다른 공정과 작동조건에 따라 달라질 수 있습니다. Fuel Cell & Electrolyzer Module은 수소 혼합물과 산소 혼합물에 대한 내장된 열역학 물성치 데이터베이스를 포함하고 있습니다. 수소를 생산하는 개질반응에서 수소 외에 생성될 수 있는 부산물을 모델링에 고려하기 위해 질소, 수증기, 이산화탄소, 그리고 일산화탄소와 같은 추가 종들이 수소 혼합물에 포함될 수 있습니다. 동일한 추가 종들이 산소 혼합물에서도 제공될 수 있습니다.

Fuel Cell & Electrolyzer Module은 분산(dispersed) 다상 유동을 모델링 하기 위해 mixture, bubbly flow, Euler-Euler models 그리고 phase transport in porous media 인터페이스를 포함하고 있습니다. 다공성 매질(전극)과 오픈 자유 매질(채널)에서 다상유동을 모델링하는 기능을 제공하고 있습니다. 더욱 다양한 다상유동에 대해서는 CFD 모듈과 연계해서 해석을 할 수 있습니다.

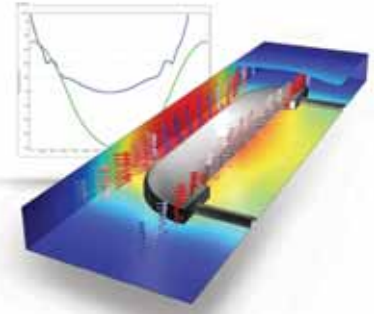
COMSOL 제품군에 있는 다른 제품군과 함께 다상유동, 열전달, 열역학 기능 등을 포함하는 다중물리 특성이 소프트웨어에 내장되어 있습니다.



Electrodeposition Module | 전기도금 공정 모델링 및 제어

전기도금을 이해하고, 최적화하며, 제어하는데 가장 효과적인 방법은 모델링과 시뮬레이션입니다. 전형적인 시뮬레이션은 전극 표면에서의 전류 분포, 증착된 성분과 두께를 산출합니다. 시뮬레이션은 셀형상, 전해질 성분, 전극반응식, 운영전압과 전류, 온도효과와 같은 중요한 매개변수를 알아가는데 사용됩니다. 이러한 정보를 바탕으로 전기화학 셀의 운영조건, 마스크의 위치와 설계를 최적화할 수 있습니다. 그리고, 물질 및 에너지 손실을 최소화하는 동안 표면의 품질을 보장 할 수 있습니다.

Electrodeposition Module은 전자기기 또는 전자제품 일부에 대한 금속 도금, 방식, 마모감소, 장식품 도금, 얇고 복잡한 구조에 대한 전기주물(전주), 에칭, 전기기계가공, 전해 채취, 전기 제련과 같은 다양한 분야에 적합합니다. 이 모듈로 모든 적용하는 현상을 고려할 수 있으며, 다 같이 해석을 할 수 있습니다. 더욱이 전류전달현상과 전류분포, 화학종전달, 전하수지, 전기화학식을 나타낸 식들을 연동할 수도 있습니다. 다양하게 관련 있는 현상을 고려함으로써, 전극 표면의 질, 모양, 증착두께에 대한 정확한 추정 값을 얻을 수 있습니다.



▶ 제품특징

- 전해질의 전류 수지에 대해 Primary, Secondary, Tertiary Current Distribution 인터페이스
- 전하 수지 식에 대한 전기 중성도, 지원 전해질, 또는 포아송 식(Poisson)에 수식
- 희석 및 농축 용액에서 Nernst-Planck 식
- 전해질의 이동도와 확산에 관련된 Nernst-Einstein 식
- 전극에서 전류의 보존과 옴의 법칙
- 평형 전위와 농도 과전위에 대한 Nernst 식
- 전극 반응에서 물질과 전류 수지식의 자동 연동에 대한 양론계수와 패러데이 상수의 자동 연동
- 활성 과전위 및 농도 과전위를 고려한 전극 반응
- 내장된 반응속도로서의 버틀러-볼머(Butler-Volmer)와 타펠(Tafel)산소 방출 예저항, 상대전극에 대한 전기 촉매작용
- 도금하는 동안 전극 형상의 작은 변화에 대한 부분적인 전도도에 영향을 주는 전극 표면에서 전극 두께 변수
- Nernst-Planck-Poisson 식
- 전기 영동 전달
- 경계 요소법(Boundary element method, BEM)을 기반으로 하는 전류 분포
- 전극 형상에서 큰 변화에 대한 전기화학적 에칭과 도금 막에 대한 동적 경계
- 전해질과 전극에서 옴의 손실로 인한 줄가열 활성 손실로 인한 가열
- 균일 전착성 추정
- Wagner Number 추정

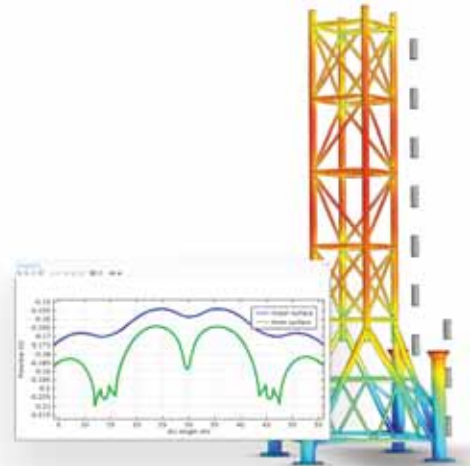
▶ 응용분야

- 양극화
- 금속 셀에서의 바이폴라 효과 추정
- 크롬 도금
- 크롬화
- E-coating
- 전기코팅
- 전기채색
- 광업 분야에서의 전착
- PCB 제조에서의 전착
- 전기주조
- 전기도금
- 전해채취
- 에칭
- 플러시층 도금
- 기능적 전기도금
- Hull cells
- 스트라이킹 방법
- 표면 거칠기
- 마모 저항 코팅
- 전기화학 제조
- 전기화학 연마
- 전기화학 기계가공
- 실딩 및 마스크

Corrosion Module | 전기화학 부식 및 방식 설계를 위한 모듈

부식으로 인해 전 세계적으로 매년 1조 달러 이상 소비되고 있습니다. 대부분의 부식은 수중에서, 습한 환경에서 전기화학반응으로 발생합니다. Corrosion Module은 기술자와 과학자들에게 구조물을 보호하기 위해서 부식 과정을 연구하고, 부식이 구조 수명 전반에 걸쳐 일어나는 현상을 이해하도록 하며, 전기화학 부식을 억제하기 위한 예방차원을 시도하도록 합니다. 이 모듈은 미소적으로는 근본적인 체계를 연구하기 위해서 부식 해석에 사용되고, 거시적으로는 부식으로부터 거대하고 광범위한 구조물을 어떻게 보호할 것인데 대해서 결정하는데 사용됩니다.

Corrosion Module은 갈바닉 부식, 공식, 틈부식과 같은 모든 전기화학부식 공정에 바로 접근할 수 있도록 관련된 식, 항목, 예제를 지니고 있습니다. 부식성 매질, 부식된 매질에서의 전달현상은 부식표면과 이에 접촉하고 있는 전해질에서의 동적인 변화 모델을 통해서 고려됩니다. Corrosion Module은 타펠(Tafel), 버틀러-볼머(Butler-Volmer), 사용자가 직접 정의한 식을 기반으로 전기화학반응식이 고려되는 부식 고정에서의 부식 전위 및 전류 분포를 보는데 표준 인터페이스를 제공하고 있습니다. 전기화학반응은 전해질과 금속체의 전위, 균일 화학반응, 부식으로 인한 금속 표면 변화와 같은 독특한 부식 과정현상을 통합하고 있습니다.



▶ 제품특징

- 농도와 부식 전위와 같이 반응 매개변수가 온도 의존성을 지닌 임의의 전기화학 반응 정의
- 버틀러-볼머와 타펠 식으로 정의된 내장 인터페이스를 사용하여 2차, 3차 전류 밀도 분포
- 희석 및 농축 전해질에서 확산, 대류, 그리고 이온 영동을 통한 물질전달(Nernst-Planck 식)
- 다공성 매질에서 화학종의 전달과 유체 흐름
- 전극 반응에서 제한전류밀도를 포함하는 해석기능 지원
- 부식 반응속도를 연구하기 위한 순환전압전류법, 전압측정법, AC 임피던스의 해석 지원 기능
- 전기화학 반응, 전류 분포, 부식 전위에 대한 부식 표면 위상의 영향에 대한 지원
- 종류 유동, 열전달, 그리고 줄 가열

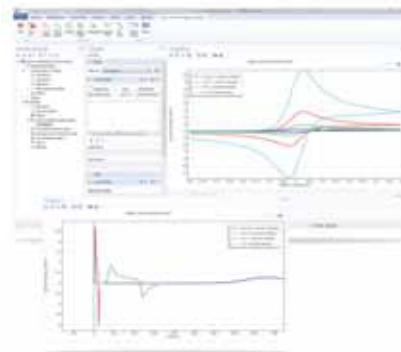
▶ 응용분야

- 양극 방식
- 음극 방식
- 이중층 캐패시턴스
- 방식
- 틈 부식
- 갈바닉 부식
- ICCP(Imposed Current Cathodic Protection)
- AC 완화
- 부동화, 공식
- 신호 처리
- UEP(Underwater electric potential)
- Corrosion Related Magnetic (CRM)
- AC/DC (HVDC) 간섭분석
- 토양 저항율
- 양극 총 설계
- 표면 방식
- ICCP 슬레드

Electrochemistry Module | 전기분석, 전기분해, 전기투석 분야 해석

Electrochemistry Module은 정확한 해석을 통해 전기화학 시스템을 설계, 이해, 최적화하는 확장 가능성을 가지고 있습니다. 실험실 연구원에서 산업현장에 있는 전기화학 기술자에 이르기까지 상당한 혜택을 제공하고 있습니다. 전기화학반응체계, 물질전달, 전류밀도분포를 해석하는 기능으로 전기분해, 전기투석, 전기분석, 전기화학 센서, 생체전기화학 분야에 효율적으로 해석 진행을 할 수 있습니다.

Electrochemistry Module은 전기화학반응과 관련된 다양한 분야에서 사용됩니다. 이 모듈은 1차, 2차, 3차 전류 분포, 전기분석, 자유 및 다공성층에서의 유체, 열전달, 균일 / 불균일 화학반응, 희석 / 농축 용액에서의 물질전달에 대한 인터페이스를 통해 수행됩니다. 염소-알칼리 / 염소산염 전기분해, 수소/산소 생성을 위한 수전해, 수처리, 해수담수화, 전기촉매작용과 전기분석을 통한 기본 전기화학연구, 글루코즈, pH, 수소 및 여러 기체 센서의 연구 및 설계 등에서 구현 가능합니다.



▶ 제품특징

- 일정한 전해질 조건하에서 1차, 2차, 3차 전류 밀도 분포 분석
- 유효 전도도에 대한 보정 계수로 다공성 전극의 전기화학 거동 분석
- 타펠(Tafel) 및 버틀러-볼머(Butler-Bolmer)를 통해 전기화학 반응 속도 모사
- 전기적 중성을 가정한 Nernst-Planck 식을 사용하여 3차 전류 밀도 분포 해석
- Nernst-Einstein 관계식을 통해 온도 의존성 이온 영동 기능 지원
- 전해질의 부피 분율을 사용한 브루그만(Bruggeman) 전도도 보정 지원
- 제한 전류 밀도를 추가하여 전극 반응속도의 이중층 캐패시턴스를 고려하는 기능 지원
- 막 저항으로 인한 전극-전해질 계면에서 전위 하강을 쉽게 포함
- 다른 전기분석 분야에 대해 AC 임피던스와 참조 전위에 대한 조화 섭동 포함
- 전기분석에서 지원 전해질 조건을 쉽게사용
- 순환 전압법에 대한 인터페이스 정의
- 자유 및 다공성 매질의 유동과 열전달, 물질 전달
- 표면을 가로질러 전달되는 화학종에 대한 표면 촉매 반응 지원
- AC 임피던스에 대한 Nyquist 와 Bode그래프
- Nernst-Planck-Poisson 식
- 전기 영동 전달

▶ 응용분야

- 전기 분석
- 전기 분해
- 전기 투석
- 전기화학 센서
- 생체전기화학
- 글루코즈 센서
- 기체 센서
- 염소-알칼리 전해질
- 수소와 산소 생산
- 해수 담수
- 초 순도 물 생산
- 전해질 오염수 처리
- 액상 식품에서 pH 제어
- 생체 의학 임플란트에서 전기화학반응의 제어

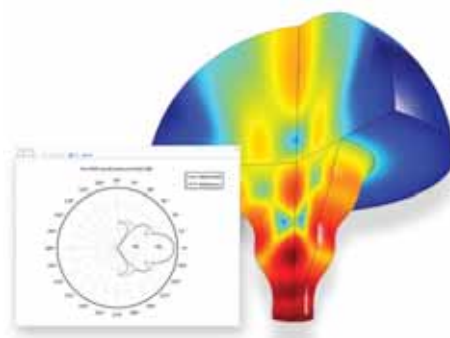
Optimization Module | 공학 설계 최적화 및 향상을 위한 모듈

Optimization Module은 COMSOL Multiphysics®의 모든 제품군과 같이 사용할 수 있는 모듈입니다. 다중 물리 모델을 만든 후에 설계를 개선하고자 할 경우 다음 4 단계로 수행합니다. 첫째는, 시스템을 설명 하는 성능지수를 목적 함수로 정의합니다. 두 번째는, 설계 변수 집합을 정의 합니다. 이 변수는 모델의 입력이며 변경 할 수 있습니다. 세 번째는, 구속조건, 설계변수 범위 설정, 만족되어야 하는 동작 조건을 정의합니다. 마지막으로, 제약조건을 만족하면서 설계변수를 변경해 가며 모델 설계를 향상시킬 수 있는 Optimization Module을 이용합니다.

Optimization Module은 목적함수를 정의하고, 설계 변수를 지정하며, 이러한 제약 조건을 설정하기 위한 인터페이스입니다. 기하학적 치수, 부품 형상, 재질특성 및 재질분포 등 모든 모델 입력을 설계 변수로 처리할 수 있으며, 모든 모델 출력 값을 목적함수를 정의하는데 사용할 수 있습니다. 이는 COMSOL Multiphysics® 제품군 전체에서 사용할 수 있으며 LiveLink™ 애드온 제품과 결합하여 타사 CAD 프로그램의 기하학적 치수를 최적화 할 수 있습니다.

Optimization Module은 두 가지 다른 최적화 기법을 사용하며, 이는 Derivative-Free와 Gradient-Based optimization입니다. Derivative-Free optimization은 목적함수와 제약조건이 불연속적이고 분석적 도함수가 없는 경우에 유용합니다. 예를 들어, 크기를 변경하여 제품의 최대응력을 최소화하고자 할 경우입니다. 또 다른 최적화 기법은 개선된 설계로 설계 변수를 진화시키기 위해 근사 구배를 계산합니다.

또는 이 접근법을 사용하여 설계대상의 총 질량을 최소화할 수 있습니다. 부품의 질량은 일반적으로 부품 치수에 대하여 직접 미분을 할 수 있으므로 Gradient-Based 접근방식을 사용할 수 있습니다.



▶ 제품특징

- 곡선 피팅
- Derivative-free 최적화
- 크기, 형상 최적화
- Gradient-based adjoint method 최적화
- Levenberg-Marquardt 솔버
- Bound Optimization by Quadratic Approximation (BOBYQA) 방법
- Constraint Optimization by Linear Approximation (COBYLA) 방법
- Nelder-Mead, coordinate search, Monte Carlo 방법
- 전기, 기계, 유체, 화학 모델에서의 최적화
- 매개변수 추정
- SNOPT 솔버
- IPOPT 솔버
- 위상 최적화

Material Library | 모델 확장을 위한 정확한 물성 제공

COMSOL Multiphysics®는 Model Builder와 Material Browser를 통해 재료 특성을 정의하는 것과 사용하는 것을 모두 완벽하게 제어 할 수 있습니다. Material Browser를 사용하면 한 곳에서 모델의 재료를 모두 관리 할 수 있고, Material Library로 추가 할 수 있습니다. Material Library에는 원소, 미네랄, 금속 합금, 열 절연체, 반도체, 압전재료를 포함하는 2,650여 가지 재료에 대한 데이터가 포함되어 있습니다.

각각의 재료는 몇 가지 변수(일반적으로, 온도)에 의존하는 최대 24개의 주요 특성에 대하여 참조된 특성 함수로 표현 됩니다. 이러한 함수 정의들을 플롯 하고 검사할 수 있을 뿐만 아니라, 함수 정의를 추가하고 변경할 수 있습니다. 그런 다음 다중물리 모델링에서 특성 함수 변수에 의존하는 다른 모든 물리 시뮬레이션에 연동하는데 사용할 수 있습니다.



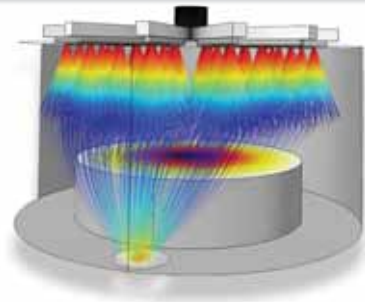
▶ 자원물질

- | | | |
|---|---|---|
| · The Elements | · Polyamides & Polyesters | · Solders, Dental & Co Alloys |
| · Fe & Ni Alloys | · Acetal, pvdf, & eva | · Resistance & Magnetic Alloys |
| · Al & Cu Alloys | · Elastomers & Epoxies | · Metal Matrix & Ceramic Matrix Composites |
| · Mg & Ti Alloys | · Misc. Polymers & Polymer Composites | · Salts, Fuel Cell, Battery & Electroceramics |
| · Oxides | · Minerals, Rock, Soil & Woods | · Silicides & Borides |
| · Carbides, Cermets, & Tool Steels | · Polypropylenes & pet | · Glasses, Metallic Glasses, Nitrides, & Beryllides |
| · Carbons & Thermal Insulation | · Controlled Expansion & Thermocouple Alloys | · Cast Irons & Mold Materials |
| · Intermetallics, tbc & Refractory Metals | · Semi-conductors, Optical, & Other Materials | |

Particle Tracing Module | 입자 특성 해석

Particle Tracing Module은 입자-입자, 유체-입자 및 입자-필드간 상호 작용을 포함하는 유체 또는 전자기장에서의 입자 궤적을 계산하기 위해 COMSOL 환경에 관련 기능을 확장하고 있습니다. 사용자는 입자 움직임을 계산하기 위한 Particle Tracing Module과 다른 특정 모듈을 완벽히 결합할 수 있습니다. 입자는 질량을 가지거나 없을 수 있습니다. 입자 움직임은 고전역학으로부터 만들어진 Newtonian, Lagrangian, 또는 Hamiltonian 공식에 의해서 적용을 받습니다. 경계 조건은 입자가 형상의 벽에서 freeze, stick, bounce, disappear 또는 reflect diffuse 할 수 있게끔 입자가 부딪치는 벽에 적용할 수 있습니다. 충돌 후 입자 속도는 들어오는 입자 속도와 벽의 수직 방향에 대한 함수로 사용자 벽 조건으로 정의할 수 도 있습니다. 들어오는 입자가 벽에 충돌할 때 이차 입자 방출을 포함할 수 있습니다. 이차 방출 입자의 수와 속도 분포 함수는 1차 입자 속도와 벽 형상으로 함수화 시킬 수 있습니다. 또한, 입자는 임의의 수식 또는 벽에 붙는 확률에 의해서 벽에 붙을 수도 있습니다. 추가적인 종속 변수는 사용자가 입자 질량, 온도 또는 회전 같은 항목들을 계산할 수 있도록 모델에 추가할 수 있습니다.

입자는 경계 및 도메인에서 균일하게, 기본 매시에 따라, 그리드에 의해 또는 임의의 표현에 따라 정의된 방출을 할 수 있습니다. 선정의된 힘의 넓은 범위는 입자가 필드와 어떻게 상호작용하는지 구체적으로 묘사하는 것이 가능합니다. 사용자는 적절한 표현에 의해 정의된 임의의 힘을 추가할 수 있습니다. 이것은 입자와 필드(particle-field interaction)사이의 양방향 상호작용, 뿐만 아니라 입자와 입자간의 상호작용(particle-particle interaction)을 모델링 할 수 있습니다.



▶ 제품특징

- background gas와의 탄성 충돌을 포함하는 전기와 자기장에서의 이온과 전자 궤도 모델링을 위한 Charged Particle Tracing 인터페이스.
- 유체에서 미시적 및 거시적인 입자의 움직임을 모델링하기 위한 Particle Tracing for Fluid Flow 인터페이스
- 방정식 해법에 대한 완전한 자유도를 제공하는 Mathematical Particle Tracing 인터페이스
- Massless, Newtonian, Lagrangian, Hamiltonian 공식
- 모델 설정을 용이하게 하기 위해 미리 정의된 힘들
 - 전기력 / 자기력 / 충돌력 / 양력(Lift) / 항력(Drag) / Brownian / 열영동(Thermophoretic) / 중력 / 음파공중부양(Acoustophoretic) / 유전영동(Dielectrophoretic) / 자기영동(Magnetophoretic)
- 사용자가 정의한 힘
- 프레임 회전을 위한 가상의 힘
- 입자-필드간 상호 작용(Particle-field interaction)
- 입자간 상호 작용(Particle-particle interaction)
- 범용 Monte Carlo 모델링을 위한 수식 기반의 입자 속도 벡터 재초기화
- 다양한 입자 방출 방법 기능 제공
 - 각 mesh 요소마다 지정된 입자의 수만큼 방출되는 Mesh-base / 경계에서 입자의 균일한 분포 / 특정 부분에 입자의 분포를 크게 할 수 있는 Expression based / Grid / 전자의 열 이온 방출
- 입자 질량, 회전등을 계산하기 위한 보조 종속 변수 추가
- Moving mesh와의 완전한 호환

▶ 응용분야

- 질량 분석기(Mass spectrometry)
- 빔 물리학(Beam physics)
- Brownian motion
- 이온광학(Ion optics)
- 이온이동성 분광계(Ion mobility spectrometry)
- 유체 유동 가시화(Fluid flow visualization)
- Sprays
- 에어로졸 역학(Aerosol dynamics)
- 혼합기
- 2차 방사(Secondary emission)
- 분리 및 여과(Separation and filtration)
- 이온에너지 분포 함수 시각화
- Acoustophoresis
- 고전역학

Liquid & Gas Properties Module | 열역학 데이터베이스를 기반으로 한 액체 및 기체 물성

전산유체해석, 열전달해석, 그리고 음향해석을 설정하고 해석할 때, 재료 특성을 올바르게 모델링 하는 것이 중요합니다.

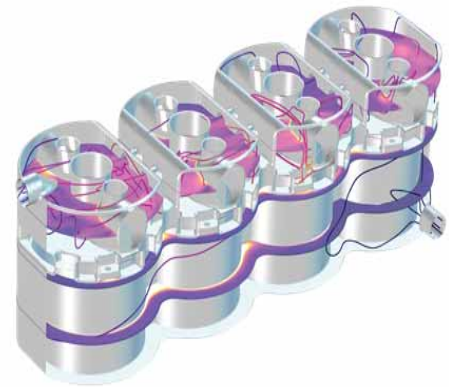
유체의 밀도 및 점도는 조성, 압력, 그리고/또는 온도에 의존적입니다. 이러한 물성들에 대해 정확한 값을 얻어내는 것은 중요하며, Liquid & Gas Properties Module은 임의의 조성에 대한 기체 혼합물의 밀도 및 점도를 계산하기 위한 도구를 제공합니다. 또한, 다상 유동 시스템에 대해, 온도와 압력에 대한 함수로 기체와 액체의 평형 조성을 계산할 수 있는 기능을 제공합니다.

유체의 열전달 해석은 열전도도, 열용량, 추가로 밀도와 점도와 같은 물성이 필요합니다. 대기 제어나 공조시스템을 설계할 때와 같이 공기의 물성은 상대 습도, 압력, 그리고 온도에 의존적이며, 이러한 의존성은 모델링이나 해석 문제의 정확성에 매우 중요합니다. Liquid & Gas Properties Module은 압력과 온도의 함수로써 열전도도와 열용량의 계산에 대한 모델을 포함합니다. 이러한 물성은 임의의 조성을 갖는 기체 혼합물과 액체 혼합물을 계산할 수 있으며, 정확한 열전달 모델과 해석에 사용될 수 있습니다.

압력 음파는 유체, 종종 물 또는 공기에서 전파되며, 압력, 온도, 점도, 열용량, 그리고 열전도도에 의존적입니다. 공기에서 상대 습도는 이러한 물성에 영향을 줍니다. 이러한 물성들의 정확성과 음압 해석 결과의 정확성은 위에서 언급한 변수들에 따르며, 모두 Liquid & Gas Properties Module로 계산할 수 있습니다.

Liquid & Gas Properties 모듈은 다음 물성을 계산하기 위해 모델과 매개변수를 포함합니다. 아래 언급된 물성을 계산하기 위해서 Liquid & Gas Properties 모듈은 수많은 열역학모델을 사용합니다.

- 반응열
- 생성열
- 열용량
- 점도
- 밀도
- 열전도도 α
- 이성분계 확산
- 활동도와 플레시트



LiveLink™ for MATLAB® | MATLAB을 통한 다중물리해석 확장

COMSOL Multiphysics® 와 MATLAB® 통합으로 MATLAB 환경에서 스크립트 작업으로 해석모델을 확장할 수 있습니다. LiveLink™ for MATLAB® 은 전처리, 모델 처리, 후처리에서 MATLAB의 모든 기능과 툴박스를 이용할 수 있습니다 :

- 강력한 다중물리해석을 갖춘 자체 MATLAB 코드 증대
- 상을 근간으로 한 확률론적 또는 이미지 데이터를 모델링
- 해석 결과로 임의의 통계 분석 수행
- Monte Carlo 해석과 유전알고리즘을 결합한 다중물리 모델 사용
- 제어 시스템을 결합한 상태 공간 행렬 포맷으로 COMSOL® 모델 추출
- COMSOL Desktop®으로 MATLAB 함수 불러오기



▶ 제품특징

- 스크립트를 통한 COMSOL® 모델을 설정과 해석
- MATLAB 작업공간으로부터 데이터 불러오기/추출
- 모델링과정에서 COMSOL Desktop® 환경에서 MATLAB 함수 사용
- 사용 편의성을 위해 잘 구성된 함수
- 지원 버전: MATLAB® R2020a 와 MATLAB® R2020b

▶ 응용분야

- 모델에 포함하기 위한 이미지나 실험 데이터 등의 전처리 데이터
- 맞춤형 후처리 환경과 시각화를 위한 데이터 추출
- 형상, 물리 현상, 결과를 파라미터화 하기 위한 명령어나 스크립트를 이용한 모델 수정
- 자체 제작 GUI 생성을 위한 MATLAB의 GUI 제작 도구 사용
- MATLAB함수를 이용하여 모델 설정 정의
- 해석과정 중 여러 경우에 대한 조절: 특정 해석을 기반으로 한 해석 중지 및 재실행, 수식을 이용한 사용자 초기 조건 설정 등을 할 수 있는 루프에서 해석 과정 보호
- 해석 프로세스에서 여러 경우에 대한 처리, 특정 해석을 기반으로 한 해석 중지 및 재실행, 사용자 초기 조건 설정을 할 수 있는 루프에서의 해석 프로세스 보호

MATLAB은 MathWorks사의 등록상표입니다. 모든 다른 상표는 각 대표 소유자의 재산입니다. 상표 소유주 리스트는 <http://www.comsol.com/tm>에서 확인하시기 바랍니다. COMSOL AB와 자회사와 제품은 이러한 상표 소유주의 계열사가 아니며, 보증, 후원, 지원을 받고 있지 않습니다.

LiveLink™ for Simulink® | COMSOL Multiphysics와 Simulink의 통합 해석

LiveLink™ for Simulink®는 COMSOL Multiphysics®를 MATLAB®의 계산 소프트웨어 추가 기능으로 사용할 수 있는 Simulink® 시뮬레이션 환경과 연결합니다. 이 기능을 사용하여, COMSOL Multiphysics® 모델과 Simulink® 다이어그램을 연동한 시뮬레이션을 수행할 수 있습니다. 시간 종속 해석이나 정상상태의 COMSOL Multiphysics® 모델을 통합하여 해석할 수 있습니다.

통합 시뮬레이션뿐만 아니라 COMSOL Multiphysics®의 reduced-order state-space 모델을 추출할 수 있습니다. MATLAB® 내부의 Simulink® 나 Control System Toolbox™를 사용하여 제어 설계 및 시뮬레이션을 용이하게 합니다.

통합 시뮬레이션을 사용하면, COMSOL Multiphysics® 솔버가 동적 모델에 대해 시간 해석하거나, 정상상태 결과를 계산하는데 사용됩니다.

즉, COMSOL Multiphysics® 솔버로 계산할 수 있는 큰 모델은 통합 시뮬레이션에서 사용할 수 있습니다. LiveLink™ for Simulink®는 COMSOL Multiphysics® 모델을 포함하는 제어 시스템 설계를 위해 사용할 수 있습니다.

지원버전: Simulink® R2020a and R2020b

LiveLink™ for Simulink는 Application Builder, COMSOL Compiler™, COMSOL Server™를 지원하지 않습니다.

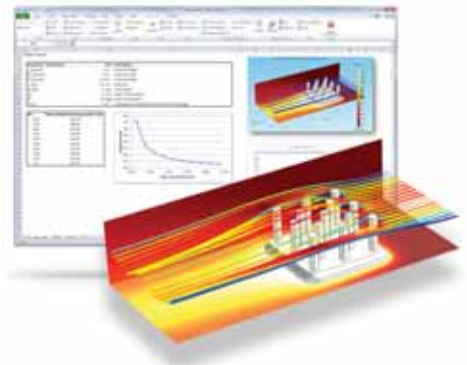
Simulink, Control System Toolbox 및 MATLAB은 MathWorks, Inc.의 상표 또는 등록 상표입니다.



LiveLink™ for Excel® | Excel을 이용한 모델 단순화 및 확장

엑셀의 시뮬레이션 기능은 COMSOL Multiphysics®와 원활하게 통합되어 확장될 수 있습니다. 사용자가 수년간의 엑셀데이터로 표기된 프로세스를 COMSOL Multiphysics®에 사용하고자 하는 기술자 이거나, 시뮬레이션을 이용하여 물성 값을 찾고 최적화 하고자 하는 과학자 라면, LiveLink for Excel은 이에 필요로 하는 유연성을 제공할 것입니다.

LiveLink™ for Excel®은 Excel이 제공하는 기능과 구조적 단순함을 활용하여 사용자의 COMSOL Multiphysics® 모델링 능력을 확장할 수 있게 합니다. COMSOL Multiphysics에서 모델링되고 정의한 변수와 파라미터는 Microsoft® Excel®에서 즉시 사용할 수 있고, 자동적으로 사용자의 모델과 동기화됩니다. 또한 LiveLink™는 워크시트에 저장된 데이터에서 COMSOL®재료라이브러리를 만드는 기능을 추가할 수 있고, 또한 COMSOL Desktop®의 매개변수와 변수목록에 대한 Excel파일 불러오기를 가능하게 하면서 COMSOL Multiphysics®에 그것을 제공합니다.



▶ 제품특징

- COMSOL Multiphysics® 모델링을 엑셀환경에서 제어 및 수행
- Excel 통합문서에서 COMSOL Multiphysics® 모델 열기
- 모델의 매개변수, 변수, 함수를 엑셀 워크시트와 동기화
- 워크시트에서 매개변수, 변수, 함수를 변경 후 업데이트 하여 모델 해석
- 엑셀환경에서 파라메트릭 스윙을 실행
- 엑셀 워크시트에서 모델의 결과를 추출
- COMSOL®모델 창을 통해서 해석의 진행 상황을 추적
- COMSOL Desktop®에서 모델링 하는 동안, 엑셀통합문서의 모델 정의 불러오기 및 저장
- 엑셀워크시트의 데이터로 COMSOL® 재료 라이브러리 만들기
- 윈도우에서 지원되는 엑셀: Excel 2019, Excel 2016, Excel 2013 (Desktop version, MSI-based installation), Excel 2010 (Excel 2010 Starter 제외)

마이크로 소프트, 엑셀, 및 Windows는 미국 및 / 또는 기타 국가에서 Microsoft Corporation의 상표 또는 등록 상표 중 하나입니다. 기타 모든 상표는 해당 소유자의 자산입니다. 이러한 상표 소유자의 목록은 <http://www.comsol.com/tm>를 참조하십시오. COMSOL AB와 자회사 및 제품은 이러한 상표 소유자에 의해 후원, 승인, 제휴 또는 지원되지 않습니다.

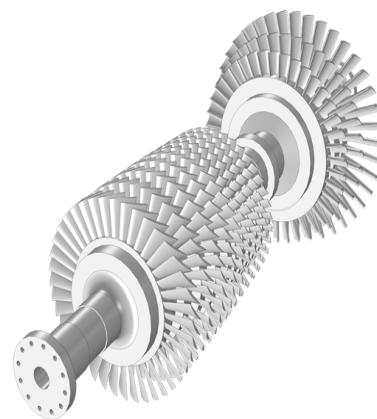
CAD Import Module | 효과적인 해석과 통합 CAD를 위한 모듈

CAD 모델은 정확한 제조에 필요한 자세한 정보를 제공하는 반면, 해석 모델은 원하는 부분, 요소, 또는 장비의 이해 및 최적화를 제공합니다. 모델의 정보와 데이터가 서로 영향을 주며, 종종 서로간에 직접 주고 받기 때문에 해석과 CAD 모델링 과정을 통합하는 것은 필수입니다. 이러한 통합을 용이하게 하기 위해 COMSOL®은 강력한 도구 CAD Import Module을 제공합니다.

CAD Import Module은 Parasolid®, ACIS® 형식과 STEP와 IGES같은 표준화된 형식을 포함한 다양한 파일 형식을 불러오는 기능을 지원합니다.

이 파일 형식들은 기본적으로 모든 CAD 패키지에서 지원하며, 이런 형식 중 하나로 저장하여 COMSOL Multiphysics®에서 파일을 쉽게 가져올 수 있습니다. 뿐만 아니라, CAD Import Module은 Inventor®, PTC® Creo® Parametric™, SOLIDWORKS® 와 같이 수많은 CAD 프로그램의 기본 파일 형식을 불러올 수 있습니다. 옵션으로 File Import for CATIA® V5 는 CATIA 시스템의 기본적인 파일 형식을 가져올 수 있는 기능을 제공합니다.

CAD Import Module을 설치하면, 모든 CAD 파일은 모듈 내에 포함된 Parasolid 형상 엔진을 사용하여 Parasolid 형상으로 자동 전환됩니다. 이 형상들은 형상 수정(repair), 뭉개기(defeaturing), 또는 의도적인 수정을 포함하여 CAD Import Module과 COMSOL Multiphysics®에 있는 많은 도구로 변경할 수 있습니다. 또한, CAD Import Module은 Parasolid 또는 ACIS 파일 형식으로 추출할 수 있습니다.



▶ 제품특징

- Parasolid®, ACIS®, STEP, IGES 파일 형식 가져오기
- 불러온 CAD 대상 주변의 현상을 모델링 하기 위한 도메인 생성
- Parasolid® 와 ACIS®파일 형식으로 형상 내보내기
- 타 파일 형식을 COMSOL 형상 커널로 변환
- 기하학적 불일치 및 니팅면의 식별을 통해 형상을 수정하고 솔리드로 생성
- 필렛, 짧은 모서리, 조각면, 작은 면, 스파이크, 그리고 면 등을 찾거나 제거를 통한 형상 Defeaturing
- 수동으로 면을 삭제하고 채우기(새로운 면 만들기) 또는 패치(인접한 면의 축소 또는 확장)를 통해 격자를 치유
- 새로운 솔리드 객체를 생성하기 위해 솔리드 객체에서 면을 분리
- 캡홀이나 빈공간을 채워 공간과 모델링영역 만들기
- 주변 표면의 증가 또는 축소에 의해 제거된 면을 위한 패치

상기 나열된 모든 상표는 해당 소유권자의 재산이고, COMSOL AB와 그 자회사 및 제품은 제휴에 의해 승인, 후원, 또는 그 상표 소유자에 의해 지원되지 않습니다. 이러한 상표 소유자의 목록은 <http://www.comsol.co./tm>를 참조하십시오.

Design Module | 시뮬레이션에 필요한 파라미터화 형상 만들기와 조작

Design Module은 다양한 CAD 파일 형식을 불러오거나 형상을 만들기 위해 추가적인 기능을 제공함으로써 COMSOL Multiphysics 소프트웨어의 형상 해석 기능을 확장합니다. 이 모듈은 특정 형상 정보를 분석하거나, 시뮬레이션에서 형상을 셀로 표현해도 되는지, 또는 불러온 형상을 수정하고 파라미터화해서 해석을 시도해도 되는지를 확인할 수 있습니다. Design Module은 Parasolid® 형상 커널을 사용하여 형상을 다루어 이런 기능을 수행할 수 있습니다.

Parasolid®, ACIS®, STEP, IGES 형식을 포함하여 수많은 여러 파일 형식을 불러오는 기능을 Design Module에서 지원합니다. 게다가 Autodesk® AutoCAD®, Autodesk® Inventor®, NX™, PTC® Creo® Parametric™, SOLIDWORKS® 와 같은 다양한 CAD 프로그램에서 지원하는 파일 형식을 불러올 수 있습니다.

Design Module은 제품 개발 과정에서 해석과 CAD 설계의 통합을 위한 강력한 기능을 제공합니다. 형상이 변경될 때, Design Module은 다른 프로그램에서 불러오기 위한 Parasolid®, ACIS® 파일 형식으로 내보낼 수 있습니다.



▶ 제품특징

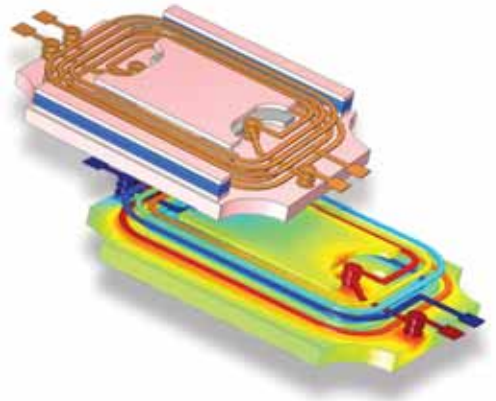
- 단면 형상으로부터 Loft 된 형상을 생성
- 입체 및 표면 형상에 3D fillet과 chamfer 기능 적용
- Midsurface 와 thicken 기능을 사용하여 입체를 표면이나 다른 형상으로 전환
- Parasolid®, ACIS®, STEP, IGES를 포함한 다양한 CAD 파일 형식 불러오기 가능
- 주변 도메인에서 물리 현상을 해석하기 위해 형상을 압축
- CAD Import Module 기능 포함
- Sketch 기능을 이용한 2차원 CAD 형상 생성

나열된 모든 상표는 해당 소유자의 자산이며, COMSOL AB와 자회사 및 제품은 해당 상표 소유자에 의해서 승인, 후원, 제휴, 지원되지 않습니다. 이러한 상표 소유자의 목록은 <http://www.comsol.com/tm> 에서 확인하십시오.

ECAD Import Module | ECAD 불러오기와 전기제품 해석

MEMS장치, 통합회로(집적회로, 칩), 인쇄회로 기판(PCBs)의 개발은 시제품 제작 이전에 소자 특성 및 성능을 예측하는데 더 큰 정확성을 요구합니다. 부품크기가 줄어들면 여러 물리현상의 상호작용을 포함하는 시뮬레이션이 요구됩니다. ECAD Import Module을 사용하면 ECAD파일을 COMSOL Multiphysics으로 가져올 수 있고, 2차원 레이아웃을 시뮬레이션에 적합한 3차원 레이아웃으로 변환할 수 있습니다. 이는 부품과 장비들의 전자기, 열, 구조적 동작을 포함하는 시뮬레이션의 세계를 엽니다.

ECAD 데이터 전송 포맷은 칩이든 PCB든 장치를 구성하는 각 층의 레이아웃을 포함합니다. ECAD Import Module은 이런 레이아웃의 기하학적 형상을 인식하고 파일을 찾거나 가져오는 동안 제공되는 적층 정보에 따라 평면 기하 객체를 구성합니다. ECAD Import Module은 MEMS 및 집적회로(IC) 시뮬레이션이 요구하는 GDSII 포맷을 지원합니다. PCBs 개발을 위한 IPC-2581, ODB++®, ODB++(X), NETEX-G 파일 포맷을 가져올 수 있습니다. NETEX-G은 이름이 같은 프로그램의 기본 포맷으로, 제작을 위해 PCB설계를 보낼 때 널리 사용되는 Gerber 레이아웃과 드릴 파일의 특정한 망으로 연결된 금속 트레이스를 추출하기 위해 사용될 수 있습니다.



▶ 제품특징

- COMSOL Multiphysics®로 해석하기 위해 집적 회로(IC), 인쇄 회로 기판(PCB) 설계 불러오기
- 선택된 레이어 가져오기 해제
- 레이어 두께는 가져오기 중에 자동으로 추출하기 위해 파일에서 읽거나 지정할 수 있습니다.
- 가져온 GDS 레이아웃에서 곡선과 직선을 자동으로 인식
- GDS 파일에서 가져올 셀을 선택
- IPC-2581, ODB++파일 에서 문자 객체 가져오기 해제
- 가져오기 도중 내부 모서리를 자동 삭제.
- 이 후 형상 작업 및 모델 설정에 사용할 레이어 선택 구성

Parasolid는 Siemens Product Lifecycle Management Software 주식회사 또는 미국 및 기타 국가에 있는 자회사의 등록 상표입니다. ACIS는 Spatial Corporation의 등록 상표입니다. ODB++™의 구현에 대한 지원은 ODB++ 솔루션 개발 파트너십 일반 약관(<http://www.odb-sa.com/>)에 따라 Mentor Graphics Corporation의해 제공되었습니다. ODB++는 Mentor Graphics Corporation상표입니다.

LiveLink™ for PTC® Creo® Parametric® | 유연한 3D CAD 기능과 시뮬레이션과의 통합

LiveLink™ for PTC® Creo® Parametric™은 시뮬레이션을 위한 COMSOL Multiphysics® 모델 형상에 PTC® Creo® Parametric™ CAD 시스템의 3D 디자인을 매끄럽게 연결해 줍니다. Creo® Parametric™은 3D CAD의 업계 표준이며, 유연성과 생산성을 위한 포괄적인 도구 세트가 포함되어 있습니다. COMSOL Multiphysics와 LiveLink™ for PTC® Creo® Parametric™은 최첨단 디자인을 만든 후 분석 및 최적화를 위한 COMSOL Multiphysics®의 모델을 통합하는 Creo® Parametric™의 고급기능을 이용할 수 있습니다. LiveLink™ for PTC® Creo® Parametric™은 COMSOL Multiphysics®의 모델과 Creo® Parametric™ 디자인을 동기화하고 동시에 프로그램을 실행하면서 디자인 업데이트를 자동으로 전달합니다. CAD 모델이 변경 될 때마다 COMSOL Multiphysics®에 수동으로 내보내기 하거나 가져오기 할 필요가 없습니다. Creo® Parametric™에 정의되어있는 부품의 치수 및 배치 등의 매개 변수는 반복적으로 COMSOL Multiphysics®에서 parametric sweeps과 최적화 연구의 시뮬레이션을 가능하게 합니다. 직접 동기화를 통해, LiveLink™ for PTC® Creo® Parametric™은 모델 도메인 및 경계의 기능이 업데이트나 추가 되어도 물리학의 정의를 유지합니다

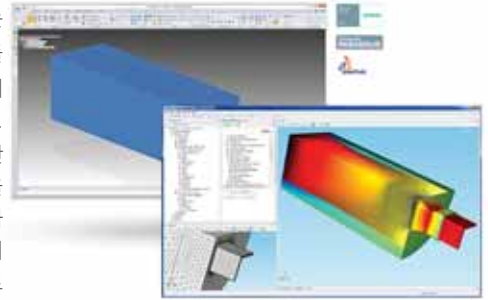


▶ 제품특징

- PTC® Creo® Parametric™ 파일의 재질 설정에서 COMSOL® 모델의 동기화된 형상에 선택을 자동으로 생성
- LiveLink for CAD 제품군 공통 기능 포함(32p 참고)

PTC와 Creo Parametric은 미국 및 기타 국가에서 PTC Inc. 또는 미국 및 기타 국가에 있는 자회사 및 제휴사의 등록 상표입니다. 모든 등록상표는 해당 소유자의 자산입니다. 이러한 상표 소유자의 목록은 <http://www.comsol.com/tm>를 참조하십시오. COMSOL AB와 그 자회사 및 제품은 상표 소유자 의해서 제휴, 승인, 후원, 지원되지 않습니다.

LiveLink™ for Solid Edge®는 사용자가 3D 제품 설계과정과 다중물리 시뮬레이션을 통합 할 수 있는 강력한 플랫폼 중 하나입니다. Solid Edge®는 설계능력을 향상시키고 설계과정을 보다 효율적으로 만들 수 있는 3D 설계 시스템입니다. Solid Edge®의 3D 설계능력과 COMSOL Multiphysics®의 해석기능과의 결합으로 물리적 형상과 실제 운영 환경에서의 작동을 가시화하고 최적화할 수 있습니다. 설계 형상으로부터 생성된 COMSOL®모델은 관련 물리적 효과 및 상호 작용을 포함하여 정확한 시뮬레이션이 가능합니다. COMSOL 모델 형상은 LiveLink™ for Solid Edge®에서 제공하는 기능을 사용하여 해당 CAD디자인과 함께 직접 동기화됩니다. 동기화된 형상은 연결되어 있어, 물리학 정의가 설계 업데이트 과정에서 모델 도메인 및 경계에 유지됩니다. 양방향 업데이트는 두 개의 프로그램이 동시에 실행되어 있어, 최적화 해석을 할 경우 혹은 parametric sweep을 실행할 때 자동으로 실행됩니다.



이 과정에서 Solid Edge®에 정의된 CAD 모델 매개 변수는 최적화 기준 평가 또는 스위치에 지정된 매개 변수 값을 기반으로 COMSOL Multiphysics®에 의해 반복적으로 접근 및 수정됩니다. 최적화 해석을 통해 중요한 역할을 하는 형상 부분의 배치나 여러 CAD 파일 추적을 기반으로 많은 시뮬레이션을 설정하는 작업을 쉽게 확인할 수 있습니다.

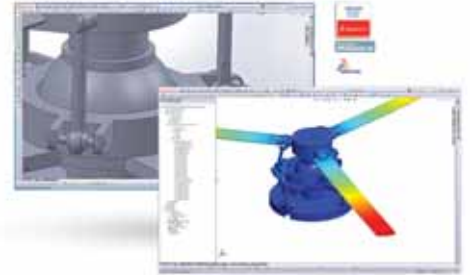
▶ 제품특징

- Solid Edge® 파트 및 어셈블리의 재질 설정에서 COMSOL® 모델의 동기화된 형상에 선택을 자동으로 생성
- 큰 어셈블리의 빠른 동기화를 위한 필요하지 않은 면, 모서리 또는 꼭지점의 연동 기능 끄기
- LiveLink for CAD 제품군 공통 기능 포함(32p 참고)

Solid Edge와 Parasolid는 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. 또는 미국 및 기타 국가에 있는 자회사의 등록 상표입니다. 기타 모든 상표는 해당 소유자의 자산입니다. 이러한 상표 소유자의 목록은 <http://www.comsol.com/tm>를 참조하십시오. COMSOL AB와 그 자회사 및 제품은 상표 소유자 의해서 제휴, 승인, 후원, 지원되지 않습니다.

LiveLink™ for SolidWorks® | 시뮬레이션에 필요한 파라미터화 형상 만들기과 조작

COMSOL Multiphysics®와 LiveLink™ for SolidWorks®는 설계 작업 과정을 시뮬레이션에 효율적으로 통합되도록 강화된 연결을 제공합니다. SolidWorks®는 3D 설계 및 제품 데이터 관리를 위한 최상의 CAD 솔루션입니다. 다중물리 시뮬레이션과 함께 사용하는 경우, 제품의 설계, 평가 및 최적화를 위한 강력한 도구를 제공합니다. LiveLink™ for SolidWorks®를 사용하면, SolidWorks®의 설계 작업 환경에서 COMSOL Multiphysics®의 기능을 더 쉽게 실행하는 방법을 이해하고 기본적으로 물리적 효과와 상호 작용의 영향을 정확하게 평가하기 위해 사용할 수 있습니다.



LiveLink™ for SolidWorks®는 COMSOL Desktop® 과 SolidWorks의 양방향 인터페이스가 포함되어 있습니다. 이 인터페이스를 사용하면 COMSOL 모델과 CAD 설계를 동기화 할 수 있으며, 한편으로, 시뮬레이션 할 때 SolidWorks파일의 설계 매개 변수를 제어할 수 있습니다.

자동화된 parametric sweeps 을 이용한 시뮬레이션을 통해 CAD 설계의 최적화를 가능하게 합니다. 더 간편한 통합을 제공하는 One Window Interface는 SolidWorks 사용자 인터페이스 내에 COMSOL Multiphysics®의 친숙한 창, 도구, 아이콘, 메뉴 항목을 제공하고, 설정 및 시뮬레이션을 실행 할 수 있습니다.

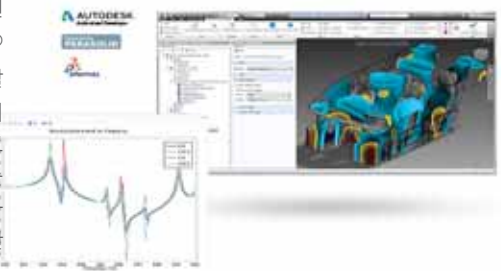
▶ 제품특징

- SOLIDWORKS® GUI 내에서 내장된 COMSOL Desktop®으로 작업 또는 동시에 실행하여 두 개의 프로그램으로 작업 가능
- 큰 어셈블리의 빠른 동기화를 위하여 면, 모서리 또는 꼭지점의 공동 부분이 필요하지 않을 경우 제외 가능
- SOLIDWORKS® 설계와 COMSOL®모델 간의 재료 선택 및 기타 사용자 정의 선택 항목을 동기화
- LiveLink for CAD 제품군 공통 기능 포함(32p 참고)

SolidWorks는 Dassault Systemes SolidWorks Corp.의 등록 상표입니다. 기타 모든 상표는 해당 소유자의 자산입니다. 이 상표 소유자의 목록은 <http://www.comsol.com/tm>를 참조하십시오. COMSOL AB와 계열사 및 제품은 제휴에 의해 승인, 후원, 또는 상표 소유자에 의해 지원되지 않습니다.

LiveLink™ for Inventor® | Inventor® Mechanical Designs 분석

COMSOL Multiphysics®에 있는 LiveLink™ for Inventor®는 사용자가 선도적인 3차원 기계설계프로그램인 Autodesk® Inventor®와 연동을 가능하게 합니다. 사용자는 Inventor® 모델링 환경 내에서 COMSOL Multiphysics®의 기능 통합이 가능하며, 형상을 설계할 때 이용할 수 있습니다. LiveLink™ for Inventor® 사용으로, 해석업무를 사용자의 설계업무와 통합하여 사용할 수 있습니다. 이것은 해석 이전 단계에서 형상의 수정 및 개선을 위한 특징을 포함하고 있으며, 해석과정 중에 설계 형상의 변경 및 parametric sweeps, 최적화를 통한 형상 최적화를 수행할 수 있습니다. COMSOL Multiphysics®와 LiveLink™ for Inventor®는 설계형상이 목표가 되는 환경 내에서 프로세스나 물리현상이 어떻게 작동하는지, 설계 형상에서 각각의 상이한 물리현상이 어떻게 상호작용하며 해석이 진행 되는지에 대한 이해를 돕습니다.



LiveLink™ for Inventor®는 Inventor 그래픽창 내에 COMSOL Desktop®을 포함하고 있으며, 두 환경이 실시간으로 연동됩니다.

One Window Interface는 COMSOL Multiphysics®에서 모델링하는 것처럼 Model Builder, Settings 창, 도구, 아이콘을 포함하고 있습니다. 이것은 또한 Inventor의 그래픽 도구와 렌더링을 이용하여 결과를 분석할 수 있습니다.

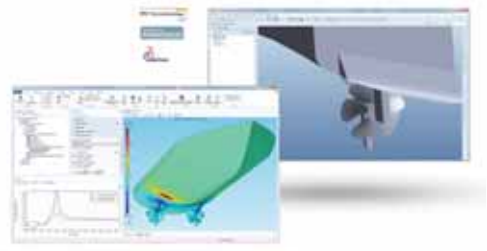
▶ 제품특징

- Inventor® GUI 내에서 내장된 COMSOL Desktop®에서 작업 또는 동시에 두 개의 프로그램으로 실행하여 작업
- Inventor® 설계와 COMSOL® 모델 간의 재료 선택 및 기타 사용자 정의 선택 항목을 동기화
- LiveLink for CAD 제품군 공통 기능 포함(32p 참고)

Autodesk와 Inventor는 Autodesk, Inc의 등록상표로, 미국 혹은 기타 국가에 있는 이들 자회사와 제휴관계를 맺고 있습니다. 모든 등록상표는 대표자의 자산입니다. 그러한 등록상표권 목록은 <http://www.comsol.com/tm>에서 확인 가능합니다. COMSOL AB와 그의 자회사들 및 제품은 등록상표권자를 통해 제휴, 지지, 협찬을 받지 않습니다.

LiveLink™ for PTC® Pro/ENGINEER® | Pro/ENGINEER® Designs 분석

LiveLink™ for PTC® Pro/ENGINEER® 는 3D CAD 설계와 다중 물리 시뮬레이션을 통합하여 작업과정을 업데이트하고 생산성을 향상시킬 수 있는 기능을 제공합니다. COMSOL Multiphysics® 와 함께 사용하면 Pro/ENGINEER에서 형상을 생성한 다음, COMSOL 환경에서 형상에 대한 해석을 수행할 수 있습니다. LiveLink™ for PTC® Pro/ENGINEER® 는 Pro/ENGINEER의 형상과 COMSOL 모델의 형상간에 양방향 인터페이스를 제공합니다. 직접 동기화 기능을 이용하여 COMSOL Multiphysics®와 Pro/ENGINEER® 간에 형상 연동을 유지하면서 형상 변경이 업데이트됩니다. COMSOL 모델 형상에서 모서리와 면과 같은 형상 개체는 수정 과정에 물리 정의와 메시 설정이 유지되도록 CAD 설계와 연결된 상태로 유지됩니다. COMSOL®과 Pro/ENGINEER 프로그램들을 동시에 실행했을 때, 수동으로 둘 사이의 디자인을 동기화할 수 있습니다. 그리고 동기화는 매개변수 변경 해석을 하거나, Optimization 모듈을 이용한 최적화 해석 시 자동으로 실행됩니다.



▶ 제품특징

- PTC® Pro/ENGINEER® 파트 및 어셈블리의 재질 설정에서 COMSOL® 모델의 동기화된 형상에 선택을 자동으로 생성 (LiveLink for CAD 제품군 공통 기능 포함(32p 참고))

PTC와 PRO / ENGINEER는 PTC Inc. 또는 미국 및 기타 국가에서 자회사의 등록 상표입니다. 기타 모든 상표는 해당 소유자의 자산입니다. 이러한 상표 소유자의 목록은 <http://www.comsol.com/tm>를 참조하십시오. COMSOL AB와 그 자회사 및 제품은 상표 소유자 의해서 제휴, 승인, 후원, 지원되지 않습니다.

LiveLink™ for Revit® | 다중물리 해석과 Revit® 디자인과의 통합

LiveLink™ for Revit® 은 Autodesk® Revit® 에서 디자인한 건축물 프로젝트를 COMSOL Multiphysics® 로 요소의 형상을 전송하기 위한 통합 툴과 인터페이스를 제공합니다.

Autodesk® Revit® 은 CAD 디자인과 Building Information Modeling (BIM) 작업과정을 지원하는 건축 디자인을 대표하는 제품입니다. LiveLink™ 인터페이스를 통하여, 선택한 방의 형상을 만들 수 있고, 빌딩 내부의 건축요소들을 포함시킬 수 있습니다. 선택된 방과 요소들은 COMSOL Multiphysics® 모델로 동기화되어 정확한 시뮬레이션을 위한 물리적인 효과를 포함할 수 있습니다.

능률적인 모델 설정을 위하여, LiveLink™ for Revit® 은 다양한 요소의 선택그룹을 생성합니다. 특정한 요소에 조건 또는 함수를 적용할 때, 간편하게 인터페이스에서 이름으로 선택할 수 있습니다. 선택그룹은 또한 Autodesk® Revit® 디자인이 바뀔 때, (예: 벽 이동) COMSOL Multiphysics® 에서 모델 도메인과 경계에 설정들이 모두 유지되는 것을 보장합니다.



▶ 제품특징

- 동기화 하는 동안에 방 부피의 형상개체가 자동으로 구성
- COMSOL Multiphysics® 모델에서 Revit® 프로젝트의 개념적 모양과 양식을 최적화할 수 있는 개념 질량 및 질량 매개변수의 동기화.
- Revit® 설계와 COMSOL® 모델 간의 재료 선택 및 기타 사용자 정의 선택 항목을 동기화
- LiveLink for CAD 제품군 공통 기능 포함(32p 참고)

Autodesk와 Revit은 미국 및/또는 기타 국가에서 Autodesk, Inc. 및 자회사/계열사의 등록 상표 또는 상표입니다. 기타 모든 상표는 해당 소유자의 자산입니다. 이 상표 소유자의 목록은 <http://www.comsol.com/tm>를 참조하십시오. COMSOL AB와 그 자회사 및 제품은 상표 소유자의 제휴, 승인, 후원, 지원되지 않습니다.

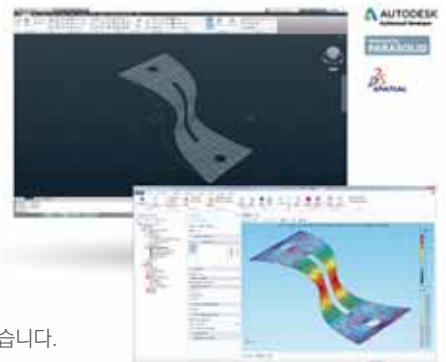
LiveLink™ for AutoCAD® | AutoCAD® 디자인을 이용한 해석화

LiveLink™ for AutoCAD® 는 다중물리 시뮬레이션으로 설계 과정을 향상시켜 제품 또는 공정이 의도한 작동 환경에서 어떻게 작동하는지 평가할 수 있는 필수 기능을 제공합니다. LiveLink™ for AutoCAD®는 CAD모델과 COMSOL Multiphysics® 모델 간에 동기화하여, 시뮬레이션을 위한 모델 형상을 만들어 필수적인 물리적 효과와 그 상호작용을 분석할 수 있으므로 설계를 더 잘 이해하고 최적화할 수 있습니다.

LiveLink™ for AutoCAD® 는 AutoCAD와 COMSOL Multiphysics® 모델간에 동기화 하여 형상을 업데이트 합니다. AutoCAD와 COMSOL Multiphysics®를 동시에 열어서 반복적으로 파일 불러오기/내보내기 할 필요 없이 업데이트가 자동으로 수행됩니다. AutoCAD에서 정의한 CAD모델 파라미터는 COMSOL Multiphysics®에 있는 parametric sweeps으로 반복적인 작업이 가능합니다.

최적화 해석 또는 매개변수 스윕을 사용하면 부품 모양 및 사이즈와 같은 설계 매개변수를 미세 조정할 수 있습니다.

LiveLink™ for AutoCAD®의 주요한 기능 중 하나는 설계 변경이 되더라도 동기화 된 CAD 설계와 COMSOL Multiphysics 모델간에 형상 연동이 유지됩니다. 이러한 기능에 기인하여, 설계 및 시뮬레이션 전반에 걸쳐 물리현상 정의가 모델의 도메인과 경계에 각각 연관되어 유지됩니다.



▶ 제품특징

- AutoCAD® 설계와 COMSOL® 모델 간의 재료 선택 및 기타 사용자 정의 선택 항목을 동기화
- LiveLink for CAD 제품군 공통 기능 포함(32p 참고)

Autodesk와 Inventor는 Autodesk, Inc의 등록상표로, 미국 혹은 기타 국가에 있는 이들 자회사와 제휴관계를 맺고 있습니다. 모든 등록상표는 대표자의 자산입니다. 그러한 등록상표권 목록은 <http://www.comsol.com/tm>에서 확인 가능합니다. COMSOL AB와 그의 자회사들 및 제품은 등록상표권자를 통해 제휴, 지지, 협찬을 받지 않습니다.

File import For CATIA® V5 | CATIA® V5 디자인을 COMSOL Multiphysics® 로 불러오기

CATIA®V5파일에 대한 최고 품질의 데이터 변환을 제공하기 위해서, CAD Import Module, Design Module, LiveLink™ for AutoCAD®, LiveLink™ for Inventor®, LiveLink™ for PTC® Creo® Parametric™, LiveLink™ for PTC® Pro/ENGINEER®, LiveLink™ for Revit®, LiveLink™ for Solid Edge®, LiveLink™ for SOLIDWORKS®에 File Import for Catia®V5를 추가하여 사용합니다.

시뮬레이션 설정 동안 귀중한 시간을 절약하기 위해서, CATProduct 파일의 구조에 기초한 구성 selections를 자동적으로 설정된 파일을 불러올 수 있는 Create Selection 옵션을 사용할 수 있습니다. 이를 사용하면 불러온 파일에서 자동적으로 만들어진 구성요소의 이름을 도메인의 물질 특성에 할당할 수 있습니다.



▶ 제품특징

- COMSOL Multiphysics® 에서 해석을 하기 위한 CATIA®V5로부터 부품 및 어셈블리 파일 불러오기
- 모델 설정과 후속 형상 작업에 사용하는 어셈블리 구조에 기초한 Selections 만들기

LiveLink for CAD 제품군 공통 기능

- 해당 CAD 소프트웨어와 COMSOL Multiphysics® 간 동시 실행 시 동기화하는 LiveLink™ 인터페이스
- 해당 CAD 소프트웨어 형상과 COMSOL Multiphysics® 간의 3D 형상 개체 (솔리드 및 표면) 동기화
- 동기화된 형상이 연관됨. 즉, 재 동기화 후 COMSOL Multiphysics® 모델 설정을 다시 적용할 필요 없이 해당 CAD 소프트웨어에서 CAD 모델을 수정할 수 있음
- 매개변수 또는 최적화 솔버에 의해 제어하거나 수동으로 COMSOL Multiphysics® 형상을 수정하기 위한 해당 CAD 소프트웨어 형상과
- 해당 CAD 소프트웨어에서 COMSOL Server™로 연결하여 해당 CAD 소프트웨어와의 동기화된 형상을 사용하는 앱을 찾고 실행 (PTC® Pro/ENGINEER® 제외)
- CAD Import Module 기능 포함

[CAD Specification Chart]

CAD Import Module				
File Format	Extension	Version	Import	Export
ACIS®	.sat, .sab, .asat, .asab	up to 2020 1.0 (Import), R4, R7, 2016 1.0 (Export)	Yes	Yes
AutoCAD®	.dwg	2.5-2021	Yes	No
AutoCAD® DXF	.dxf	2.5-2021(3D)	Yes	No
IGES	.igs, .iges	up to 5.3	Yes	No
Inventor® assemblies	.iam	11-2021	Yes	No
Inventor® parts	.ipt	6-2021	Yes	No
NX®	.prt	11-1899	Yes	No
Parasolid®	.x_t, .xmt_txt, .x_b, .xmt_bin	up to V33.0	Yes	Yes
PTC® Creo® Parametric™	.prt, .asm	1.0-7.0	Yes	No
PTC® Pro/ENGINEER®	.prt, .asm	16 to Wildfire 5.0	Yes	No
SOLIDWORKS®	.sldprt, .sldasm	98-2019	Yes	No
STEP	.step	AP203, AP214	Yes	No
ECAD Import Module				
File Format	Extension	Import	Export	
IPC-2581	.cvg, .xml	Yes	No	
GDSII	.gds	Yes	No	
ODB++	.zip, .tar, .tgz, .gz	Yes	No	
LiveLink for CAD Products				
LiveLink™ for SOLIDWORKS®		SOLIDWORKS® (.sldprt, .sldasm) 2020, 2021		
LiveLink™ for Inventor®		Inventor® (.ipt, .iam) 2020, 2021		
LiveLink™ for AutoCAD®		AutoCAD® (.dwg, 3D only) 2020, 2021		
LiveLink™ for Revit®		Revit® (.rvt) 2020, 2021		
LiveLink™ for PTC® Creo® Parametric™		PTC® Creo® Parametric™ (.prt, .asm) 4.0-7.0		
LiveLink™ for PTC® Pro/ENGINEER®		PTC® Pro/ENGINEER® (.prt, .asm) Wildfire 4.0, 5.0, PTC® Creo® Elements/Pro 5.0		
LiveLink™ for Solid Edge®		Solid Edge® (.par, .asm) 2020, 2021		
File Import for CATIA® V5				
File Format	Extension	Version	Import	Export
CATIA® V5	.CATPart, .CATProduct	R8-2020	Yes	No

COMSOL 홈페이지에서 해석 분야별 **웨비나**를 살펴보실 수 있습니다.(<https://www.comsol.com/events/webinars>)

Chemical	Electrical	Fluid	Mechanical
 The Basics of COMSOL Multiphysics® in 18 Minutes Webinar	 Atelier de Prise en main : Simuler les Moteurs Electriques	 Simulare una valvola: webinar 18 minuti	 The Basics of Acoustics Modeling in 18 Minutes Webinar

알트소프트 홈페이지에서 **무료 평가판**을 신청하실 수 있습니다.(www.altsoft.co.kr)



[메뉴] - [커뮤니티] - [온라인상담] 페이지에서 신청하실 수 있습니다.
평가판 발급은 최신버전으로 발급되며, 사용기간은 발급일로부터 4주입니다.

COMSOL 홈페이지에서 **매거진**을 무료 다운로드 받으세요.(www.comsol.com)

 COMSOL NEWS	 COMSOL NEWS Special Edition	 IEEE SPECTRUM	 MANAGER'S GUIDE
--	--	---	--

COMSOL 통합커뮤니티에 접속하시면 더 많은 정보를 얻을 수 있습니다.

토론 · 모델파일 · 블로그 · 논문 발표자료 · 기타 <http://www.comsol.com/community>

COMSOL CONFERENCE SEOUL

매년 개최되는 COMSOL Conference는 사용자 분들이 실제 산업현장 및 연구업무에서 COMSOL을 어떻게 성공적으로 적용하고 있는지 알아볼 수 있는 이상적 시간이 될 것입니다.

사용자 발표와 더불어, 포스터 세션을 통해 국내 사용자 분들의 연구뿐만 아니라 국제 학술대회인 COMSOL Conference Boston, 그리고 COMSOL Conference Europe 에서 선보였던 혁신적인 멀티피직스 모델링과 시뮬레이션 애플리케이션을 확인할 수 있습니다.

Oral & Poster Presentations

Multiphysics 시뮬레이션의 끝없는 가능성을 논하며, 그 가능성을 실행에 옮길 수 있는 사람은 바로 당신입니다.

COMSOL 판매 서적

가이드북은 알트소프트 홈페이지에서 구매 가능합니다.



COMSOL Multiphysics 가이드 북 I
개정판 (입문자를 위한 기능설명 편)

다분야 연성해석의 선두주자인,
COMSOL Multiphysics를 쉽게
접할 수 있는 방법을 제공합니다.



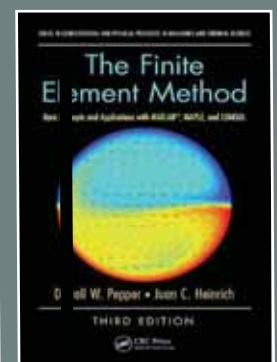
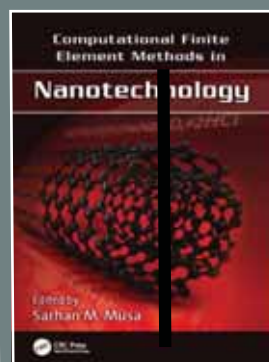
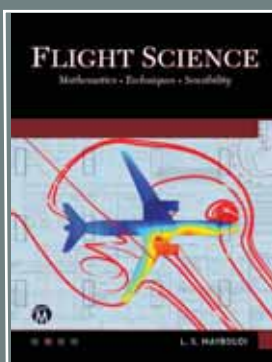
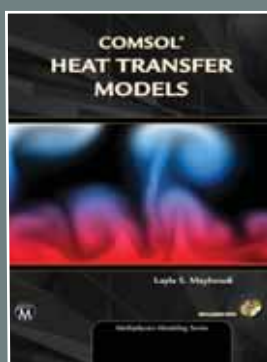
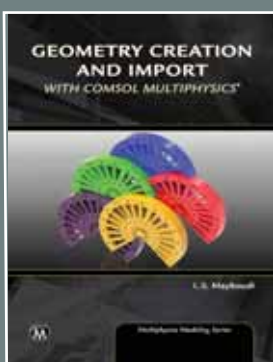
COMSOL Multiphysics 가이드 북 II
개정판 (입문자를 위한 상세설명 편)

가이드 북 II는 시뮬레이션 입장에서
중요한 요소인 메시, 솔버, 후처리 부분을
보다 비중있고 상세하게 소개합니다.

COMSOL 참고 서적

알트소프트 홈페이지에 접속하여

[메뉴] - [교육] - [판매서적&참고서적] 페이지에서 COMSOL을 이용한 참고 서적을 살펴 보실 수 있습니다.



COMSOL MULTIPHYSICS®

COMSOL SERVER™ COMSOL
COMPILER™

(주)알트소프트
서울 강남구 봉은사로 55길 20 (삼성동)
에이플러스 하우스 2층

T 02.547.2344
E comsol@altsoft.co.kr
W www.altsoft.co.kr