

۲۰۰۱۹۷۶

کامل ترین مرجع آموزشی و کاربردی

# COMSOL

ویژه مهندسان شیمی، نفت و مکانیک

به تالیف

مهندس کاظم اداوی

استاد علمی خانه مهندسی شیمی (

به سرپرستی

مهندس میلاد مقصودی اکبری

(مدیر خانه مهندسی شیمی و نفت ایران)

www.ketab.ir



سازمان اسناد و کتابخانه ملی  
جمهوری اسلامی ایران

سرشناسه  
عنوان و نام پدیدآور

مشخصات نشر  
مشخصات ظاهری  
شابک  
وضعیت فهرست نویسی  
موضوع  
موضوع  
موضوع  
موضوع  
شماره افزوده  
رده بندی کنگره  
رده بندی دیویی  
شماره کتابشناسی ملی

ادآوری، کاظم، ۱۳۷۲ -  
مرجع کامل آموزش نرم افزار COMSOL به همراه مثالهای کاربردی  
مهندسان شیمی و نفت و مکانیک/ نویسندگان کاظم ادآوری ؛ به  
سرپرستی میلاد مقصودی اکبری.  
تهران: انتشارات مثبت، ۱۳۹۷.  
۲۵۰ ص.: مصور(بخشی رنگی)، جدول(بخشی رنگی).  
۱۸۰۰۰۰ ریال: ۶-۱۴-۸۱۰۸-۶۰۰-۹۷۸  
فیبا  
نرم افزار کامسول مالتی فیزیکس  
COMSOL Multiphysics:  
مدل و مدل سازی -- نرم افزار  
Models and modelmaking -- \*Software:  
مقصودی اکبری، میلاد، ۱۳۴۷ -  
الف/ ۲QC۵۲م۲ ۱۳۹۶  
۵۳۰/۱۵:  
۴۴۳۰۸۹:  
۲۶۴۳۰۸۹:

عنوان کتاب ..... مرجع کامل آموزش نرم افزار COMSOL

به همراه مثال های کاربردی مهندسان شیمی و نفت و مکانیک

نویسندگان : ..... مهندس کاظم ادآوری

به سرپرستی ..... مهندس میلاد مقصودی اکبری

ناشر ..... انتشارات مثبت

تیراژ ..... ۱۰۰۰

نوبت چاپ ..... اول

قیمت ..... ۱۸۰۰۰۰ ریال

چاپ ..... آرادین

شابک : ..... ۶-۱۴-۸۱۰۸-۶۰۰-۹۷۸



انتشارات مثبت

## سخن مؤلفین

نرم افزار کامسول ابزاری قدرتمند در شبیه سازی و مدل سازی فرآیندهای مختلف بوده و در زمینه های مختلف دارای کاربردهای زیادی می باشد. در سال های اخیر فعالیت های شایانی در زمینه های مختلف اعم از برق (قدرت، الکترونیک، محابرات و...)، مهندسی مکانیک (جامدات و سیالات)، مهندسی عمران (ارتعاشات و سازه و...)، متالورژی، مهندسی شیمی و نفت، فیزیک، سیستم های انرژی، ریاضیات با استفاده از این نرم افزار قدرتمند انجام شده است که نشان دهنده ی اهمیت این نرم افزار می باشد.

قدرت این نرم افزار در حل معادلات دیفرانسیل ODE و PDE موجب تمایز این نرم افزار از سایر نرم افزارهای CFD شده است. با توجه به پیشرفت های روزافزون و کاربردهای زیاد این نرم افزار در حوزه های مختلف مهندسی شیمی، نفت و مکانیک سیالات بر آن شدیم که کتابی در این زمینه نگارش شود.

در این کتاب سعی شده کاری ترین مسائل با ساده ترین زبان و با رویکردی همه جانبه به رشته تحریر درآید، بصورتی که خواننده بعد از مطالعه این کتاب به سادگی بتواند بر شبیه سازی سیستم های مورد نظر خود را کسب نماید.

در فصل اول به شناخت و معرفی CFD و کاربرد آن در مهندسی، نحوه حل معادلات اساسی در نرم افزار کامسول و کاربردهای عینی CFD در صنایع مختلف پرداخته شده است. در انتهای فصل نمونه هایی از معادلات بقا در سیستم های مختلف ذکر شده است.

در فصل دوم کتاب ابتدا به معرفی نرم افزار کامسول و تاریخچه آن پرداخته شده است و سپس به معرفی محیط نرم افزار و آیکون های مختلف آن پرداخته شده، که در آن سعی بر آن شده است که تمامی علائم و پنجره های این نرم افزار بصورت کامل معرفی گردند تا خواننده به شناختی خوبی در زمینه محیط نرم افزار دست پیدا کند.

در فصل سوم به آموزش ساخت هندسه در نرم افزار کامسول پرداخته شده است که لازمی ورود به فصول بعدی می باشد. در انتهای این فصل خواننده به شناخت خوبی در زمینه کامسول دست پیدا خواهد کرد و دروازه ورود به فصول بعدی به شمار می رود. در ادامه به ذکر مثال هایی در زمینه های مختلف انتقال حرارت، انتقال جرم، انتقال در ستون، محیط های متخلخل، سیستم های همراه با تغییر فاز، مخلوط کننده ها و... پرداخته شده است.

در آخر بر خود واجب میدانیم از جناب آقای مهندس میلاد مقصودی مدیر بخش مهندسی شیمی و نفت ایران به سبب پشتیبانی و کمک های دوستانه و زحمات دلسوزانه ایشان نهایت تشکر را داریم. امید است این کتاب بتواند گامی هرچند کوچک اما سازنده را در پیشرفت صنعت نفت کشورمان بردارد. در نهایت از تمام شما مخاطبان گرامی درخواست میشد انتقادات، پیشنهادات و اشکالات این کتاب را از طریق ایمیل زیر به مؤلف کتاب اطلاع داده تا در ویرایش های آینده به منظور ارتقای سطح کیفی علم کتاب در نظر گرفته شود.

ارتباط با ما

PeteDep.info@gmail.com  
Chemel home.info@gmail.com  
Mechel home.info@gmail.com

## فهرست مطالب

|    |                                                    |
|----|----------------------------------------------------|
| ۱۳ | فصل اول: مقدمه‌ای بر دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) |
| ۱۴ | ۱-۱ مقدمه‌ای بر دینامیک سیالات محاسباتی (CFD)      |
| ۱۶ | ۲-۱ روش‌های گسسته‌سازی معادلات دیفرانسیل:          |
| ۱۶ | ۱-۲-۱ روش اجزای محدود: Finite Element Method       |
| ۱۶ | ۲-۲-۱ روش حجم محدود (Finite Volume Method)         |
| ۱۶ | ۳-۲-۱ روش تفاضل محدود (Finite Difference Method)   |
| ۱۷ | ۴-۲-۱ روش‌های طیفی (Spectral Methods)              |
| ۱۷ | ۳-۱ کاربرد CFD در حوزه‌های مایع                    |
| ۱۸ | ۱-۳-۱ کاربرد در صنایع غذایی:                       |
| ۱۸ | ۲-۳-۱ کاربرد در صنعت سیمان:                        |
| ۱۹ | ۴-۱ معادلات بقا در سیستم‌های مختلف برای جریان آرام |
| ۲۰ | ۱-۴-۱ معادلات پیوستگی برای جریان آرام              |
| ۲۰ | ۲-۴-۱ معادله حرکت برای جریان آرام                  |
| ۲۲ | ۳-۴-۱ معادله‌ی انرژی برای جریان آرام               |
| ۲۲ | ۵-۱ شبیه‌سازی جریان آشفته                          |
| ۲۳ | ۱-۵-۱ معادلات بقا در جریان آشفته                   |
| ۲۳ | ۲-۵-۱ مدل‌های Eddy Viscosity                       |
| ۲۵ | فصل دوم: آشنایی با محیط نرم افزار کامسول           |
| ۲۵ | ۱-۲ معرفی احتمالی نرم افزار کامسول                 |
| ۲۶ | ۲-۲ آشنایی با محیط نرم افزار کامسول                |
| ۲۷ | ۱-۲-۲ قسمت‌های مختلف منوی فایل:                    |
| ۳۱ | ۱-۲-۲-۱ پنجره‌ی پیام                               |
| ۳۲ | ۲-۲-۲ Home نوار ابزار                              |
| ۳۵ | ۳-۲-۲ Definitions نوار ابزار                       |
| ۴۰ | ۴-۲-۲ Results نوار ابزار                           |

|    |                                                            |
|----|------------------------------------------------------------|
| ۴۴ | ۲-۲ پنهان کردن و شناور کردن پنجره‌ها در نرم افزار کامسول   |
| ۴۵ | ۴-۲ دسترسی به کتابخانه‌ی نرم افزار                         |
| ۴۶ | ۱-۴-۲ پنجره‌ی گرافیک                                       |
| ۴۷ | ۵-۲ مازول‌های مختلف نرم افزار کامسول و کاربرد آنها         |
| ۴۷ | ۱-۵-۲ مازول AC/DC                                          |
| ۴۷ | ۲-۵-۲ مازول آکوستیک (Acoustics)                            |
| ۴۷ | ۳-۵-۲ مازول فرآیندهای شیمیایی (Chemical Species Transport) |
| ۴۸ | ۴-۵-۲ مازول الکتروشیمیایی (Electrochemistry)               |
| ۴۸ | ۵-۵-۲ مازول جریان سیال (Fluid Flow)                        |
| ۴۸ | ۶-۵-۲ مازول انتقال حرارت (Heat Transfer)                   |
| ۴۸ | ۷-۵-۲ مازول اپتیک (Optics)                                 |
| ۴۹ | ۸-۵-۲ مازول پلاسما (Plasma)                                |
| ۴۹ | ۹-۵-۲ مازول فرکانس رادیویی (Radio Frequency)               |
| ۴۹ | ۱۰-۵-۲ مازول نیمه‌رسانایی (Semiconductor)                  |
| ۴۹ | ۱۱-۵-۲ مازول ساختارهای مکانیکی (Structural Mechanics)      |
| ۵۰ | ۱۲-۵-۲ مازول ریاضیات (Mathematics)                         |

فصل سوم: نحوه ساخت هندسه

|    |                                            |
|----|--------------------------------------------|
| ۵۳ | ۱-۳ یکی کردن دو شکل                        |
| ۵۴ | ۲-۳ جدا کردن یک قسمت از هندسه              |
| ۵۴ | ۳-۳ داشتن مکان مشترک هندسه‌ها              |
| ۵۵ | ۴-۳ حذف قسمت‌های غیر مشترک یکی از هندسه‌ها |

فصل چهارم: انتقال حرارت یک بدی پایا همراه تابش

|    |                           |
|----|---------------------------|
| ۵۷ | ۱-۴ روند شبیه‌سازی برنامه |
|----|---------------------------|

فصل پنجم: انتقال حرارت از یک صفحه‌ی نامتناهی

|    |                           |
|----|---------------------------|
| ۶۲ | ۱-۵ روند شبیه‌سازی برنامه |
|----|---------------------------|

فصل ششم: بدست آوردن پروفایل سرعت و فشار در یک

|    |  |
|----|--|
| ۷۰ |  |
|----|--|

|     |                                                                   |
|-----|-------------------------------------------------------------------|
| ۸۲  | فصل هفتم: بررسی انتقال حرارت وابسته به زمان با استفاده.....       |
| ۸۲  | ۷-۱) روند شبیه‌سازی برنامه: .....                                 |
| ۹۲  | فصل هشتم: بررسی انتقال جرم از صفحه‌ای عمودی.....                  |
| ۹۲  | ۸-۱) مراحل شبیه‌سازی برنامه: .....                                |
| ۹۴  | ۸-۲) Geometry مسئله: .....                                        |
| ۹۵  | ۸-۳) Material مسئله: .....                                        |
| ۱۰۸ | فصل نهم: بررسی حرکت سیال در انحراف یک کره.....                    |
| ۱۰۹ | ۹-۱) روند شبیه‌سازی برنامه: .....                                 |
| ۱۲۱ | فصل دهم: بررسی حرکت چرخشی سیال در اجسام یک.....                   |
| ۱۲۲ | ۱۰-۱) مراحل شبیه‌سازی برنامه: .....                               |
| ۱۳۱ | فصل یازدهم: بررسی حرکت سیال در یک مخروط منتهی به یک دایره.....    |
| ۱۳۱ | ۱۱-۱) مراحل شبیه‌سازی برنامه: .....                               |
| ۱۴۵ | فصل دوازدهم: جریان استاتیکی سیال همراه با بفل‌های انحراف یزد..... |
| ۱۴۵ | ۱۲-۱) معادله‌ی پیوستگی و حرکت حاکم بر سیستم.....                  |
| ۱۴۵ | ۱۲-۱-۱) Inlet.....                                                |
| ۱۴۶ | ۱۲-۱-۲) Outlet.....                                               |
| ۱۴۶ | ۱۲-۳) مواد الاستیک خطی.....                                       |
| ۱۴۶ | ۱۲-۲) معادله‌ی حاکم بر سطح تماس بفل‌ها و سیال.....                |
| ۱۴۶ | ۱۲-۳) روند شبیه‌سازی برنامه: .....                                |
| ۱۵۸ | فصل سیزدهم: بررسی جریان همرفت آزاد.....                           |
| ۱۶۹ | فصل چهاردهم: همرفت آزاد در محیط‌های متخلخل.....                   |
| ۱۷۰ | ۱۴-۱) روند شبیه‌سازی برنامه: .....                                |
| ۱۸۲ | فصل پانزدهم: بررسی انتقال جرم و حرارت از یک محیط.....             |
| ۱۸۳ | ۱۵-۱) پروفایل دما.....                                            |
| ۱۸۴ | ۱۵-۲) پروفایل غلظت.....                                           |
| ۱۸۴ | ۱۵-۳) پروفایل فشار.....                                           |

|     |                                                        |
|-----|--------------------------------------------------------|
| ۱۸۵ | ۴-۱۵ روند شبیه‌سازی برنامه: .....                      |
| ۲۰۴ | فصل شانزدهم: جریان عبوری از درون استوانه.....          |
| ۲۰۵ | ۱-۱۶ روند شبیه‌سازی برنامه: .....                      |
| ۲۱۷ | فصل هفدهم: شبیه‌سازی صعود یک قطره روغن در آب.....      |
| ۲۲۰ | ۱-۱۷ روند مدل‌سازی: .....                              |
| ۲۳۵ | فصل هجدهم: مدل‌سازی حرکت سیال درون یک لوله موئین.....  |
| ۲۳۶ | ۱-۱۸ روتر Level: .....                                 |
| ۲۳۷ | ۲-۱۸ روش Phase In: .....                               |
| ۲۴۰ | ۳-۱۸ روند شبیه‌سازی: .....                             |
| ۲۶۲ | فصل نوزدهم: شبیه‌سازی یک نانک سنج مکانیکی.....         |
| ۲۶۲ | ۱-۱۹ هدف: .....                                        |
| ۲۶۲ | ۲-۱۹ کاربرد: .....                                     |
| ۲۶۲ | ۳-۱۹ شرح مختصر شبیه‌سازی: .....                        |
| ۲۶۳ | ۴-۱۹ تعریف سیستم: .....                                |
| ۲۶۳ | ۵-۱۹ نتایج و بحث: .....                                |
| ۲۶۴ | ۶-۱۹ روند شبیه‌سازی در نرم‌افزار comsol: .....         |
| ۲۸۲ | فصل بیستم: حرکت سیال در خلل و فرج.....                 |
| ۲۸۵ | ۱-۲۰ روند شبیه‌سازی برنامه: .....                      |
| ۳۰۷ | فصل بیست و یکم: بررسی انتقال مومنتوم، جرم و حرارت..... |
| ۳۰۷ | ۱-۲۱ هدف: .....                                        |
| ۳۰۸ | ۲-۲۱ جریان آشفته.....                                  |
| ۳۰۸ | ۳-۲۱ انتقال حرارت.....                                 |
| ۳۰۸ | ۴-۲۱ انتقال بخار آب توسط هوا.....                      |
| ۳۰۸ | ۵-۲۱ بحث و نتایج.....                                  |
| ۳۱۰ | ۶-۲۱ روند شبیه‌سازی برنامه: .....                      |
| ۳۴۹ | منابع و مراجع: .....                                   |