



به نام خدا

**آموزش**

# **ASPEN PLUS 14**

**نرم افزار شبیه سازی فرآیندهای نفت، گاز و پتروشیمی**

جهت دریافت دیسک همراه این کتاب از لینک زیر استفاده نمایید:

[dl.dibagarantehran.ir/CDDIBA/aspensplus14.rar](http://dl.dibagarantehran.ir/CDDIBA/aspensplus14.rar)

مؤلف:

**مهندس محمدرضا صفوی**



مؤسسه فرهنگی هنری  
دیباجران تهران

هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است. متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

## ◀ عنوان کتاب: آموزش ASPEN PLUS 14

# نرم افزار شبیه سازی فرآیندهای نفت، گاز و پتروشیمی

◀ مولف: محمدرضا صفوی

◀ ناشر: موسسه فرهنگی هنری دیباجران تهران

◀ ویراستار: مهدیه مخبری

◀ صفحه آرای: نازنین نصیری

◀ طراح جلد: داریوش فرسای

◀ نوبت چاپ: اول

◀ تاریخ نشر: ۱۴۰۲

◀ چاپ و صحافی: صدف

◀ تیراژ: ۱۰۰ جلد

◀ قیمت: ۳۵۶۰۰۰۰ ریال

◀ شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۲۱۸-۷۱۷-۰

◀ نشانی واحد فروش: تهران، خیابان انقلاب، خیابان دانشگاه

◀ تقاطع شهدای ژاندارمری - پلاک ۱۵۸ ساختمان دانشگاه -

◀ طبقه دوم - واحد ۴ تلفن ها: ۶۶۹۶۵۷۴۹ - ۲۲۰۸۵۱۱۱

◀ فروشگاههای اینترنتی دیباجران تهران :

**WWW.MFTBOOK.IR**

**www.dibagarantehran.com**

سرشناسه: صفوی، محمدرضا، ۱۳۶۲ -  
عنوان و نام پدیدآور: آموزش ASPEN PLUS 14: نرم افزار شبیه سازی فرآیندهای نفت، گاز و پتروشیمی / مولف: محمدرضا صفوی. مشخصات نشر: تهران: دیباجران تهران: ۱۴۰۲. مشخصات ظاهری: ۳۹۸ ص: مصور، شابک: ۰-۷۱۷-۲۱۸-۶۲۲-۹۷۸ وضعیت فهرست نویسی: فیبا یادداشت: کتابنامه: ص: ۳۹۸. موضوع: نرم افزار اسپن پلاس Aspen plus موضوع: شیمی - فرآیندها - برنامه ریزی کامپیوتری موضوع: chemical processes-computer programs موضوع: شیمی - فرآیندها - شبیه سازی کامپیوتری موضوع: chemical processes-computer simulations موضوع: شیمی - فرآیندها - کنترل - برنامه های کامپیوتری موضوع: chemical processes control-computer programs رده بندی کنگره: TP ۱۵۵/۷ رده بندی دیویی: ۶۶۰۲۸۱۵ شماره کتابشناسی ملی: ۹۳۰۷۸۸۵

نشانی اینستاگرام دیبا dibagaran\_publishing      نشانی تلگرام: @mftbook

هر کتاب دیباجران، یک فرصت جدید علمی و شغلی.

هر گونشی همراه، یک فروشگاه کتاب دیباجران تهران.

از طریق سایتهای دیباجران، در هر جای ایران به کتابهای ما دسترسی دارید.

## فهرست مطالب

مقدمه ناشر ..... ۶

مقدمه مؤلف ..... ۷

### فصل اول مقدمه‌ای بر شبیه‌سازی در مهندسی شیمی ..... ۹

۱-۱- مقدمه ..... ۹

۱-۲- معادلات حالت ..... ۱۰

۱-۳- مدل‌های ضریب فعالیت ..... ۱۲

### فصل دوم جداسازی مایع-گاز ..... ۱۶

۲-۱- مقدمه ..... ۱۶

۲-۲- تعریف ترکیبات و انتخاب مدل ترمودینامیکی ..... ۱۶

۲-۳- ایجاد PFD و واردنمودن داده‌های شبیه‌سازی ..... ۲۴

۲-۴- تهیه گزارش و انتقال اطلاعات ..... ۳۳

### فصل سوم تجهیزات انتقال حرارت ..... ۴۰

۳-۱- مقدمه ..... ۴۰

۳-۲- شبیه‌سازی هیتر و کولر ..... ۴۰

۳-۳- مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله ..... ۵۶

۳-۴- شبیه‌سازی مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله با استفاده از روش میانبر ..... ۵۹

۳-۵- شبیه‌سازی دقیق مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله ..... ۷۱

۳-۶- شبیه‌سازی مبدل حرارتی جهت ارزیابی ..... ۷۹

۳-۷- شبیه‌سازی ریبویلر ..... ۸۶

۳-۸- مبدل‌های حرارتی هواخنک‌کن ..... ۹۰

۳-۹- شبیه‌سازی مبدل‌های حرارتی هواخنک‌کن ..... ۹۲

۳-۱۰- مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای ..... ۹۶

۳-۱۱- شبیه‌سازی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای ..... ۹۸

۳-۱۲- شبیه‌سازی مبدل حرارتی LNG ..... ۹۹

## فصل چهارم تجهیزات تغییر فشار ..... ۱۰۵

- ۱۰۵-۴-۱ مقدمه .....
- ۱۱۱-۴-۲ شبیه‌سازی شیر فشارشکن .....
- ۱۲۳-۴-۳ شبیه‌سازی پمپ .....
- ۱۳۴-۴-۴ شبیه‌سازی کمپرسور و توربین .....
- ۱۴۴-۴-۵ شبیه‌سازی کمپرسور چندمرحله‌ای .....

## فصل پنجم فرایند جذب و تقطیر ..... ۱۴۹

- ۱۴۹-۵-۱ مقدمه .....
- ۱۵۲-۵-۲ انواع برج‌های موجود در نرم‌افزار Aspen Plus .....
- ۱۵۴-۵-۳ شبیه‌سازی فرایند جذب .....
- ۱۶۵-۵-۴ شبیه‌سازی فرایند تقطیر .....
- ۱۷۷-۵-۵ شبیه‌سازی فرایند تقطیر بدون داشتن تعداد سینی .....
- ۱۸۱-۵-۶ شبیه‌سازی برج‌های تقطیر متوالی .....
- ۱۸۸-۵-۷ شبیه‌سازی فرایند تقطیر مخلوط آزنوتروپ .....

## فصل ششم راکتورها ..... ۲۰۷

- ۲۰۷-۶-۱ مقدمه .....
- ۲۰۸-۶-۲ انواع راکتورها در نرم‌افزار Aspen Plus .....
- ۲۱۰-۶-۳ شبیه‌سازی راکتور RStoic .....
- ۲۱۴-۶-۴ شبیه‌سازی راکتور RYield .....
- ۲۱۷-۶-۵ شبیه‌سازی راکتور REquil .....
- ۲۲۰-۶-۶ شبیه‌سازی راکتور RGibbs .....
- ۲۲۳-۶-۷ شبیه‌سازی راکتور RPlug .....
- ۲۳۳-۶-۸ شبیه‌سازی راکتور RCSTR .....
- ۲۴۵-۶-۹ شبیه‌سازی واکنش‌های پیچیده کاتالیزوری .....
- ۲۵۲-۶-۱۰ شبیه‌سازی راکتور RBatch .....
- ۲۵۸-۶-۱۱ شبیه‌سازی واکنش‌های پلیمری .....
- ۲۶۸-۶-۱۲ شبیه‌سازی فرایند تقطیر واکنشی .....

**فصل هفتم شبیه‌سازی جامدات ..... ۲۷۴**

- ۲۷۴-۷-۱ ..... مقدمه
- ۲۷۵-۷-۲ ..... فرایند خشک کردن ذغال سنگ
- ۲۸۴-۷-۳ ..... فرایند احتراق ذغال سنگ
- ۲۹۴-۷-۴ ..... دستگاه‌های جداسازی جامدات
- ۳۰۱-۷-۵ ..... شبیه‌سازی دستگاه‌های جداسازی جامدات
- ۳۰۶-۷-۶ ..... دستگاه‌های انجام عملیات فیزیکی بر روی جامدات
- ۳۱۱-۷-۷ ..... شبیه‌سازی فرایند بازیابی پلیمر
- ۳۱۶-۷-۸ ..... شبیه‌سازی محلول‌های الکترولیت

**فصل هشتم شبیه‌سازی فرایندهای رایج در صنعت ..... ۳۲۱**

- ۳۲۱-۸-۱ ..... مقدمه
- ۳۲۱-۸-۲ ..... فرآیند شیرین‌سازی گاز طبیعی
- ۳۲۱-۸-۲-۱ ..... مقدمه
- ۳۲۲-۸-۲-۲ ..... توصیف فرآیند جذب
- ۳۲۳-۸-۲-۳ ..... انتخاب حلال
- ۳۲۶-۸-۳ ..... شبیه‌سازی فرآیند شیرین‌سازی گاز طبیعی
- ۳۳۳-۸-۴ ..... شبیه‌سازی فرآیند نم‌زدایی گاز طبیعی
- ۳۳۸-۸-۵ ..... شبیه‌سازی فرآیند تقطیر نفت خام

**فصل نهم بهینه‌سازی ..... ۳۵۷**

- ۳۵۷-۹-۱ ..... مقدمه
- ۳۵۸-۹-۲ ..... بهینه‌سازی فرایند تقطیر
- ۳۶۵-۹-۳ ..... بهینه‌سازی اقتصادی فرایند تقطیر

**فصل دهم محاسبه خواص ترکیبات ..... ۳۷۸**

- ۳۷۸-۱۰-۱ ..... مقدمه
- ۳۷۸-۱۰-۲ ..... رگرسیون داده‌های تجربی
- ۳۸۳-۱۰-۳ ..... محاسبه خواص مخلوط ترکیبات با استفاده از Property Set
- ۳۸۶-۱۰-۴ ..... محاسبه خواص ترکیبات با استفاده از گروه Analysis
- ۳۹۳-۱۰-۵ ..... استفاده از NIST برای یافتن خواص ترکیبات
- ۳۹۴-۱۰-۶ ..... تعریف ترکیبات جدید و تخمین خواص آنها
- ۳۹۸ ..... منابع

خط‌مشی انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران در عرصه کتاب‌هایی با کیفیت عالی است که تواند  
خواسته‌های به روز جامعه فرهنگی و علمی کشور را تا حد امکان پوشش دهد.  
هر کتاب دیباگران تهران، یک فرصت جدید شغلی و علمی

حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف بی‌کران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای دانش عمومی و فرهنگی این مرز و بوم در زمینه چاپ و نشر کتب علمی و آموزشی گام‌هایی هرچند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم، مؤثر واقع شویم.

گسترده‌گی علوم و سرعت توسعه روزافزون آن، شرایطی را به وجود آورده که هر روز شاهد تحولات اساسی چشمگیری در سطح جهان هستیم. این گسترش و توسعه، نیاز به منابع مختلف از جمله کتاب را به عنوان قدیمی‌ترین و راحت‌ترین راه دستیابی به اطلاعات و اطلاع‌رسانی، بیش از پیش برجسته نموده است.

در این راستا، واحد انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران با همکاری اساتید، مؤلفان، مترجمان، متخصصان، پژوهشگران و محققان در زمینه‌های گوناگون و مورد نیاز جامعه تلاش نموده برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی پُر بار، معتبر و با کیفیت مناسب در اختیار علاقمندان قرار دهد.

کتابی که در دست‌دارید تألیف "جناب آقای مهندس محمدرضا صفوی" است که با تلاش همکاران ما در نشر دیباگران تهران منتشر گشته و شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنیم.

با نظرات خود مشوق و راهنمای ما باشید

با ارائه نظرات و پیشنهادات و خواسته‌های خود، به ما کمک کنید تا بهتر و دقیق‌تر در جهت رفع نیازهای علمی و آموزشی کشورمان قدم برداریم. برای رساندن پیام‌هایتان به ما از رسانه‌های دیباگران تهران شامل سایتهای فروشگاهی و صفحه اینستاگرام و شماره‌های تماس که در صفحه شناسنامه کتاب آمده استفاده نمایید.

مدیر انتشارات

مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران  
dibagaran@mftplus.com

## مقدمه مؤلف

با پیشرفت فن آوری و گسترش دنیای نرم افزار، رشته های مختلف علوم مهندسی کاربردهای خود را در این دنیا یافته اند و امروزه استفاده از نرم افزارها در تمام زمینه ها یک الزام به شمار می رود. در زمینه مهندسی شیمی استفاده از نرم افزارها بسیار متداول بوده و از آنجایی که برخی محاسبات بسیار وقت گیر می باشند، انجام محاسبات با استفاده از نرم افزارهای مربوطه جایگاه خود را به طور چشمگیری در میان مهندسان پیدا کرده است. با استفاده از این نرم افزارها کاربر می تواند فرایند مورد نظر خود را شبیه سازی<sup>1</sup> نماید و نتیجه تغییر متغیرهای فرایندی را که در نمونه واقعی بسیار پرهزینه و وقت گیر است مشاهده نماید. از طرفی شبیه سازی فرایندها می تواند به عنوان مراحل اولیه طراحی در مهندسی شیمی نیز به کار برده شود. بدین ترتیب که با شبیه سازی، متغیرهای فرایندی مانند دما، فشار و شدت جریان حاصل می شوند و از روی این متغیرها فشار طراحی<sup>2</sup> و دمای طراحی دستگاه ها و اندازه آنها محاسبه می شود. متغیرهای حاصل از شبیه سازی با نرم افزار، متغیرهای عملیاتی نامیده می شوند. با استفاده از دمای عملیاتی<sup>3</sup> و با استفاده از دستور موجود در مدارک مهندسی پروژه، مانند معیار طراحی فرایند<sup>4</sup> دمای طراحی به دست می آید. با داشتن دمای طراحی و با توجه به سیال موجود در دستگاه، نوع ماده سازنده لوله ها، مخازن و به طور کلی تجهیزات مشخص می شوند. از روی فشار عملیاتی و محاسبه فشار طراحی، ضخامت مخازن و لوله ها حاصل می شود و در نهایت با استفاده از دبی محاسبه شده توسط نرم افزارها اندازه دستگاه ها محاسبه شده و طراحی فرایند به پایان می رسد. علاوه بر دو کاربرد ذکر شده استفاده از نرم افزار می تواند جهت پیش بینی نتایج ناشی از هر تغییر در ساختار فرایند بسیار مفید واقع شود، اما آیا نتایج حاصل از محاسبات نرم افزار و صرفاً ارائه نتایج بدون هیچ خطایی از سوی نرم افزار می تواند برای ما کافی باشد؟ البته که این طور نیست و مهم ترین وظیفه یک مهندس شیمی زیر نظر داشتن تمام داده ها و رفتار فرایند است به طوری که از نظر فیزیکی شرایط معقولی بر آن حاکم باشد. برای مثال مقادیر فشار در بالای برج همواره کمتر از پایین برج است، اگر عکس این موضوع در یک شبیه سازی دیده شود آن شبیه سازی از نظر منطق مهندسی دارای اشکال است و به هیچ وجه قابل قبول نمی باشد. به عبارت دیگر مورد مطالعاتی از نظر حس فیزیکی<sup>5</sup> فرایند دچار مشکل است. در موارد دیگر ممکن است در فرایند مورد بررسی شرایطی حاصل شود که از نظر فیزیک مسئله موجه باشد، اما از نظر طراحی مناسب نبوده و در مراحل بعد هزینه های اضافی بی مورد بر پروژه تحمیل گردد. از این دست موارد می توان به دمای عملیاتی یک دستگاه اشاره نمود. هر ماده فلزی مورد استفاده در صنعت دارای رنج دمایی بهینه عملکرد است. خارج از این دامنه عملکرد مناسبی نخواهد داشت و سیستم دچار اشکال در عملیات خواهد شد. برای نمونه اگر دمای محاسبه شده برای دستگاهی زیر  $29^{\circ}\text{C}$  باشد، باید از ماده دیگری غیر از فولاد سیاه معمولی استفاده نمود. در این صورت گزینه های پیش رو موادی هستند که از نظر هزینه یا در دسترس بودن می توانند پروژه را دچار

- 1- Simulation
- 2- Design
- 3- Operating
- 4- Process design criteria
- 5- Physical sense

چالش کنند. پس در این موارد سعی می‌شود با تغییرات جزئی در فرایند این مشکل را برطرف نمود. البته استفاده از مواد گران‌قیمت و خاص در بسیاری موارد ناگزیر می‌باشد.

نرم‌افزار Aspen Plus یکی از قدرتمندترین نرم‌افزارهای شبیه‌سازی فرایند می‌باشد و در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه واقع شده است. بسیاری از طراحان و مهندسان این نرم‌افزار را به نرم‌افزارهای مشابه همچون HYSYS ترجیح می‌دهند. در این کتاب آموزش شبیه‌سازی فرایندها و دستگاه‌های مختلف را با Aspen Plus خواهیم آموخت. کتاب شامل ده فصل می‌باشد که در هر فصل خواننده با موضوع جدیدی آشنا می‌شود و از طریق به‌کارگیری مثال‌های مختلف نحوه استفاده از امکانات مختلف را می‌آموزد.

**محمد رضا صفوی**

**mrsafavi7@gmail.com**

تقدیم به مادر صبور و مهربانم...

نمانیم کین بوم ویران کنند	همی غارت از شهر ایران کنند
نخوانند بر ما کسی آفرین	چو ویران بود بوم ایران‌زمین