



به نام خدا



راکتورهای شیمیایی

ترجمه فصل ۱۹

از ویرایش نهم (۲۰۱۹)

هندبوک مهندسی شیمی (پری)

نویسندگان: دان دابلیو گرین

ماریل زد ساوث آرد

ترجمه و اقتباس:

مهندس سیدابراهیم سبط



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: راکتورهای شیمیایی

ترجمه فصل ۱۹ از ویرایش نهم (۲۰۱۹)

هندبوک مهندسی شیمی (پری)

◀ ترجمه و اقتباس: مهندس سید ابراهیم سبط

◀ ناشر: موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

◀ نوبت چاپ: اول

◀ تاریخ نشر: ۱۳۹۸

◀ چاپ و صحافی: صدف

◀ تیراژ: ۱۰۰ جلد

◀ قیمت: ۸۰۰۰۰۰ ریال

◀ شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۲۱۸-۱۷۷-۲

نشانی واحد فروش: تهران، میدان انقلاب،

خ کارگر جنوبی، روبروی پاساژ مهستان،

پلاک ۱۲۵۱

تلفن: ۲۲۰۸۵۱۱۱-۶۶۴۱۰۰۴۶

فروشگاههای اینترنتی دیباگران تهران :

WWW.MFTBOOK.IR

www.dibagarantehran.com

www.mftdibagaran.ir

نشانی تلگرام: @mftbook

هر کتاب دیباگران، یک فرصت جدید شغلی.

هرگوشی همراه، یک فروشگاه کتاب دیباگران تهران

اپلیکیشن ما را از سایتهای اینترنتی ما دریافت و نصب نمایید.

سرشناسه: گرین، وان Green, Don W

عنوان و نام پدیدآور: راکتورهای شیمیایی-ترجمه فصل ۱۹ از ویرایش

نهم (۲۰۱۹) هندبوک مهندسی شیمی (پری)/نویسندگان: دان دابلیو

گرین، ماریل زد ساوت آرد، ترجمه و اقتباس : سید ابراهیم سبط.

مشخصات نشر: تهران : دیباگران تهران: ۱۳۹۸

مشخصات ظاهری: ۲۸۰ص:مصور،

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۲۱۸-۱۷۷-۲

وضعیت فهرست نویسی: فیبا

یادداشت: عنوان اصلی: perry's chemical engineers handbook 9th edition, 2018

یادداشت: کتاب حاضر ترجمه فصل نوزدهم از کتاب perry's

chemical engineers' handbook 9th edition, 2018 است.

یادداشت: کتابنامه: ص: ۲۷۷.

موضوع: مهندسی شیمی - دستنامه ها

موضوع: chemical engineering-handbook, manuals, etc.

شناسه افزوده: سادرد، ماریلی زد. Southard, Marylee Z

شناسه افزوده: پری، رابرت، ۱۹۲۴-م

شناسه افزوده: Perry, Robert H

شناسه افزوده: سبط، سید ابراهیم، ۱۳۳۶- مترجم

رده بندی کنگره: ۱۵۱: TP

رده بندی دیویی: ۶۶۰/۲۸

شماره کتابشناسی ملی: ۵۸۲۵۶۹۴

فهرست

پیشگفتار مترجم ۹

فهرست علائم ۱۱

فصل اول

کلیات راکتور و تقسیم‌بندی آن ۱۵

۱-۱ شناخت راکتور شیمیایی ۱۵

۱-۲ مفاهیم کلی و اصطلاحات راکتور ۱۷

۱-۳ انواع راکتور ۱۹

۱-۴ تقسیم‌بندی راکتورها بر اساس روش کار: ۱۹

۱-۴-۱ راکتورهای ناپیوسته (Batch): ۱۹

۱-۴-۲ راکتورهای پیوسته (مخزنی و لوله‌ای): ۲۰

۱-۴-۳ راکتورهای نیمه‌پیوسته (Semibatch Reactors) ۲۲

۱-۵ تقسیم‌بندی راکتورها از لحاظ کاربرد نهایی ۲۲

۱-۶ دسته‌بندی راکتورها از نظر فاز ۲۲

فصل دوم

کلیات مدل‌سازی و آنالیز راکتور ۲۵

۱-۲ مفاهیم مدل‌سازی ۲۵

۲۶	۱-۲-۱ مدل راکتورهای ناپیوسته
۲۷	۲-۲-۱ مدل راکتورهای نیمه پیوسته
۲۸	۲-۲-۳ مدل راکتور مخزنی همزن دار ایده آل از نوع پیوسته CSTR
۲۹	۲-۲-۴ مدل راکتور لوله ای با جریان پیستونی (ایده آل) PFR
۳۰	۲-۲-۵ مدل راکتورهای لوله ای با جریان پراکنده و مختلط
۳۳	۲-۲ انتخاب راکتور
۳۴	۲-۳ سینتیک شیمیایی
۳۵	۲-۴ افت فشار، انتقال حرارت و جرم
۳۹	۲-۵ پویایی (دینامیک) و کنترل راکتور
۴۰	۲-۵-۱ تعدد حالت های یکنواخت و رابطه آن با پایداری راکتور
۴۲	۲-۵-۲ آنالیز پایداری خطی یا مجانبی
۴۲	۲-۵-۳ آنالیز پایداری مجانبی موضعی
۴۳	۲-۵-۴ پویایی (دینامیک) راکتور و حساسیت آن به تغییر ورودی ها
۴۴	۲-۶ جمع بندی اصول مدل سازی راکتور

فصل سوم

۴۷	توزیع زمان اقامت و اثر اختلاط
۴۷	۳-۱ زمان اقامت و اندازه گیری آن
۴۷	۳-۲ ردیاب ها
۴۹	۳-۲-۱ روش های ورود ردیاب
۴۹	۳-۳ پاسخ راکتور به ردیاب
۵۱	۳-۳-۱ پاسخ راکتور مخزنی ایده آل CSTR
۵۱	۳-۳-۲ پاسخ سری راکتورهای مخزنی ایده آل (multistage CSTR)
۵۳	۳-۳-۳ پاسخ راکتور لوله ای با جریان پیستونی (PFR)
۵۴	۳-۳-۴ پاسخ راکتور لوله ای با جریان پراکنده و مختلط
۵۴	۳-۳-۵ الگوهای جریان در راکتور
۵۸	۳-۴ رابطه RTD با میزان تبدیل در راکتور
۵۸	۳-۴-۱ مدل حرکت سیال به صورت گروه های مولکولی مجزا (Segregated flow)
۶۰	۳-۴-۲ اختلاط زودهنگام، دیر هنگام و حداکثر اختلاط
۶۴	۳-۵ واکنش شیمیایی و مدت اختلاط

فصل چهارم

۶۷	راکتورهای یک فازه
۶۷	۴-۱ راکتورهای فاز مایع

۶۸	۱-۴-۱ کانالیست‌های همگن (هموزن) در فاز مایع
۶۹	۱-۴-۲ نمونه واکنش‌های صنعتی در فاز مایع با کانالیست همگن
۶۹	۲-۴ راکتورهای گازی
۷۳	۱-۲-۴ نمونه واکنش‌های گازی صنعتی بدون کانالیست
۷۴	۳-۴ واکنش در شرایط بحرانی و فوق بحرانی
۷۵	۴-۴ راکتورهای پلیمریزاسیون

فصل پنجم

۷۹	راکتورهای دو فازه مایع - جامد
۷۹	۱-۵ کلیات
۷۹	۲-۵ کانالیست‌های ناهمگن
۸۰	۱-۲-۵ نمونه‌هایی از ساختار کانالیست‌های ناهمگن جامد
۸۲	۲-۲-۵ رابطه سرعت واکنش با ضریب تأثیر کانالیست (η)
۸۳	۳-۲-۵ محاسبه ضریب تأثیر η
۸۴	۴-۲-۵ نکات دیگر در مورد رابطه کانالیست با سرعت واکنش
۸۶	۳-۵ راکتورهای کانالیستی
۸۸	۱-۳-۵ کانالیست از نوع تور سیمی
۸۹	۲-۳-۵ نمونه واکنش‌ها با کانالیست توری
۸۹	۳-۳-۵ کانالیست با پایه یک‌پارچه (بلوکی monolith)
۹۴	۴-۳-۵ مشخصات و عملکرد چند نمونه کانالیست صنعتی یک‌پارچه (منولیتی)
۹۴	۵-۳-۵ راکتورهای بستر ثابت کانالیستی
۹۶	۴-۵ مدل ریاضی راکتورهای بستر ثابت دو فازه
۹۷	۱-۴-۵ مدل یک‌بعدی راکتورهای همگن
۹۸	۲-۴-۵ مدل دوبعدی راکتورهای همگن
۱۰۰	۳-۴-۵ مدل یک‌بعدی ناهمگن برای راکتور بستر ثابت
۱۰۱	۴-۴-۵ مدل دوبعدی ناهمگن برای راکتور بستر ثابت
۱۰۲	۵-۵ چند نمونه از راکتورهای کانالیستی بستر ثابت
۱۰۶	۶-۵ راکتورهای بستر متحرک
۱۰۸	۷-۵ راکتورهای بستر سیال
۱۱۰	۱-۷-۵ نمونه‌هایی از راکتورهای بستر سیال در صنعت
۱۱۰	۸-۵ راکتورهای دوغابی
۱۱۱	۹-۵ راکتورهای انتقالی
۱۱۱	۱-۹-۵ چند نمونه از کاربرد راکتورهای انتقالی در صنعت
۱۱۲	۱۰-۵ راکتورهای چندمنظوره کانالیستی

۵- ۱۰- ۱ نمونه راکتورهای صنعتی شامل تلفیقی از فرایندهای فیزیکی و شیمیایی..... ۱۱۲

فصل ششم

راکتورهای غیرکاتالیستی گاز - جامد..... ۱۱۵

۶- ۱ کلیات و انواع..... ۱۱۵

۶- ۱- ۱ کوره‌های گردان (دوار)..... ۱۱۵

۶- ۱- ۲ کوره‌های عمودی..... ۱۱۶

۶- ۱- ۳ کوره‌های بستر سیال..... ۱۱۷

۶- ۱- ۴ نمونه‌های کاربرد راکتورهای غیرکاتالیستی گاز - جامد در صنعت (نوع کوره‌ای)..... ۱۲۰

فصل هفتم

راکتورهای دوفازه سیال - سیال..... ۱۲۳

۷- ۱ راکتورهای گاز - مایع..... ۱۲۴

۷- ۲ راکتورهای مایع - مایع..... ۱۳۱

۷- ۳ انتخاب راکتورهای گاز - مایع..... ۱۳۵

۷- ۳- ۱ راکتور مخزنی همزن دار گاز - مایع..... ۱۳۵

۷- ۳- ۲ چند نمونه از راکتورهای مخزنی گاز - مایع در صنعت..... ۱۴۰

۷- ۴ راکتورهای گاز - مایع از نوع ستون حبابی (Bubble Column)..... ۱۴۱

۷- ۴- ۱ نمونه کاربردهای صنعتی راکتورهای ستون حبابی..... ۱۴۳

۷- ۵ راکتورهای لوله‌ای گاز - مایع..... ۱۴۵

۷- ۶ راکتورهای گاز - مایع از نوع برج پرشده، سینی‌دار یا پاششی..... ۱۴۶

۷- ۶- ۱ نمونه‌های کاربرد صنعتی برج‌های پرشده، سینی‌دار و پاششی به‌عنوان راکتور دوفازه..... ۱۴۷

فصل هشتم

راکتورهای فاز جامد..... ۱۵۱

۸- ۱ تجزیه حرارتی..... ۱۵۱

۸- ۲ واکنش‌های جامد - جامد..... ۱۵۳

۸- ۳ واکنش مواد جامد در دمای بالا با انتشار خودبه‌خود

(Self - Propagating SHS)..... ۱۵۵

فصل نهم

راکتورهای چندفازه..... ۱۵۷

۹- ۱ کلیات..... ۱۵۷

۹- ۲ راکتورهای بیوشیمیایی (بیوراکتورها)..... ۱۵۸

۹- ۲- ۱ چند اصطلاح معمول در واکنش‌های بیوشیمیایی..... ۱۶۲

۱۶۳	۳-۹ راکتورهای الکتروشیمیایی.....
۱۶۷	۴-۹ انواع راکتورهای سه فازه از لحاظ ساختار.....
۱۶۷	۵-۹ راکتورهای دوغابی همزن دار.....
۱۷۳	۱-۵-۹ نمونه‌های راکتور مخزنی سه فازه در صنعت.....
۱۷۷	۶-۹ راکتور ستون حبابی دوغابی.....
۱۸۱	۱-۶-۹ نمونه فرایندهای صنعتی در راکتورهای ستون حبابی سه فازه.....
۱۸۲	۷-۹ راکتورهای بستر سیال سه فازه (گاز - مایع - جامد):.....
۱۸۳	۸-۹ راکتورهای بستر قطره‌ای (بستر چکه‌ای).....
۱۸۶	۱-۸-۹ پارامترهای مهم در طراحی راکتورهای بستر قطره‌ای.....
۱۸۹	۹-۹ مقایسه راکتورهای آزمایشگاهی و صنعتی بستر فواره‌ای.....
۱۹۰	۱-۹-۹ نمونه فرایند صنعتی در راکتور بستر قطره‌ای سه فازه.....
۱۹۱	۱۰-۹ راکتور ستون پرشده حبابی (با جریان‌های هم‌سو به طرف بالا).....
۱۹۲	۱۱-۹ راکتور بستر پرشده حبابی با جریان‌های ناهم‌سو.....

۱۹۳ پیوست‌ها

۲۴۹ معادل‌های مورد استفاده در ترجمه (به ترتیب حروف فارسی)

۲۶۳ معادل‌های مورد استفاده در ترجمه (به ترتیب حروف لاتین)

۲۷۷ منابع

خط مشی کیفیت انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران در عرصه کتاب‌های است که بتواند
خواسته‌های به روز جامعه فرهنگی و علمی کشور را تا حد امکان پوشش دهد.
هر کتاب دیباگران تهران، یک فرصت جدید شغلی

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 دانشگاهی، علوم پایه و به ویژه علوم کامپیوتر و انفورماتیک گام‌هایی هرچند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم، مؤثر واقع شویم.

گسترده‌گی علوم و 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 روشن می‌نماید.

در این راستا، واحد انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران با همکاری جمعی از اساتید، مؤلفان، مترجمان، متخصصان، پژوهشگران، محققان و نیز پرسنل ورزیده و ماهر در زمینه امور نشر درصدد هستند تا با تلاش‌های مستمر خود برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی پُر بار، معتبر و با کیفیت مناسب در اختیار علاقمندان قرار دهند.

کتابی که در دست دارید با همت "مهندس سید ابراهیم سیبط" و تلاش جمعی از همکاران انتشارات میسر گشته که شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنیم.

کارشناسی و نظارت بر محتوا: زهره قزلباش

در خاتمه ضمن سپاسگزاری از شما دانش‌پژوه گرامی درخواست می‌نماید با مراجعه به آدرس dibagaran.mft.info (ارتباط با مشتری) فرم نظرسنجی را برای کتابی که در دست دارید تکمیل و ارسال نموده، انتشارات دیباگران تهران را که جلب رضایت و وفاداری مشتریان را هدف خود می‌داند، یاری فرمایید.

امیدواریم همواره بهتر از گذشته خدمات و محصولات خود را تقدیم حضورتان نماییم.

مدیر انتشارات

مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران
bookmarket@mft.info

پیشگفتار مترجم

کتاب حاضر ترجمه فصل راکتورهای شیمیایی (فصل ۱۹) از آخرین چاپ (ویرایش نهم سال ۲۰۱۹) هندبوک معتبر و معروف PERRY'S Chemical Engineer's Handbook می‌باشد که نزد محققین، مهندسیین و دانشجویان رشته‌های مهندسی شیمی، پتروشیمی، پلیمر، شیمی کاربردی و بیوشیمی و رشته‌های مشابه معروف به هندبوک پری است و مورد استفاده بسیاری از ایشان قرار دارد. البته متن نسبتاً سنگین و فشردگی مطالب که متناسب با گستردگی موضوعات و شرایط کتاب است بهره‌گیری از آن را تا اندازه‌ای محدود می‌سازد.

اینجانب که از دوره دانشجویی از ویرایش پنجم به بعد این کتاب بهره برده‌ام، در سال‌های اخیر تصمیم به ترجمه بخش‌های مهم‌تر این کتاب را داشتم که انتشار ویرایش نهم آن در سال جاری (۲۰۱۹ میلادی) این انگیزه را تقویت نمود، لذا فصل راکتورهای شیمیایی را که از بخش‌های مهم کتاب است و منابع فارسی در مورد آن کم‌تر است را ترجمه و تقدیم علاقمندان می‌نمایم.

به منظور روان‌تر شدن ترجمه در موارد زیادی دو جمله در یکدیگر ادغام یا تقدم آن‌ها تغییر داده شده و با یک جمله از متن با حفظ محتوی به صورت دو جمله ترجمه گردیده است. در متن اصلی موارد زیادی وجود دارد که توضیحات بیشتر به فصل‌های دیگر کتاب ارجاع گردیده که در ریغم آمد ترجمه نشود. لذا توضیحات فصل‌های دیگر نیز تا آن‌جا که مقدور و متناسب با حجم کتاب بود برای استفاده بیشتر خوانندگان محترم، ترجمه و به صورت پیوست‌هایی در انتهای متن افزوده شد.

به مناسبت طرح موضوع راکتورهای شیمیایی لازم می‌دانم نام و یاد استادمان مرحوم دکتر مرتضی سهرابی

را گرامی دارم که بخش مهمی از این دانش در کشورمان مرهون تلاش‌های آن فقید است. در خاتمه از جناب آقای حسین نوری که کلیه مراحل آماده‌سازی و صفحه‌آرایی را با دقت و سرعت به انجام رساندند و مسئولین و عوامل محترم انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران قدردانی و تشکر نموده از خوانندگان فرهیخته درخواست می‌شود نکات و نظرات خود را از طریق ایمیل در اختیار مترجم قرار دهند تا با رفع اشکالات فعلی امکان استفاده هر چه بیشتر از این هندیوک مفید و جامع فراهم آید.

سید ابراهیم سبط

e.sebt@yahoo.com

مرداد ۱۳۹۸

فهرست علائم

واحد آمریکایی	واحد بین‌المللی	تعریف	علامت
l/ft	l/m	نسبت سطح فصل مشترک به حجم (راکتور)	a
ft ²	m ²	سطح انتقال حرارت	A _k
lb.mol / ft ³	kg.mol / m ³	غلظت یک ماده	C
lb.mol / ft ³	kg.mol / m ³	غلظت در شروع کار (اولیه)	C ₀
Btu / (lbm. °F)	kJ / (kg.K)	ظرفیت حرارتی در فشار ثابت	c _p
		راکتور مخزنی همزن دار ایده‌آل	CSTR
ft	m	قطر	d
		قطر، ضریب نفوذ	D
ft ² / s	m ² / s	ضریب نفوذ مؤثر	D _{eff}
ft ² / s	m ² / s	ضریب پراکندگی مؤثر (در سیال)	D _e
Btu/(lb.mol)	Kj/(kg.mol)	انرژی فعال‌سازی واکنش	E
		توزیع زمان اقامت برای ماده ورودی	E(t)
		توزیع زمان اقامت نرمال (بهنجار) شده	E(t _r)
		کسر تبدیل نشده از ماده A	f _a
		تابع مدت (عمر) ردیاب	F(t)
Btu / (h.ft ² . °F)	kJ / (s.m ² . °C)	ضریب انتقال حرارت	h

واحد آمریکایی	واحد بین‌المللی	تعریف	علامت
ft	m	ارتفاع مخزن	H
$atm.ft^3 / (lb.mol)$	$Pa.m^3 / (kg.mol)$	ثابت هنری	He
Btu/(lb.mol)	kJ/(kg.mol)	گرمای واکنش	ΔH_r
1/s	1/s	ثابت سرعت ویژه برای واکنش درجه اول	k
ft/s	m/s	ضریب انتقال جرم	k_m
ft	m	طول مسیر در راکتور	L
lb.mol	kg.mol	اندازه (بزرگی) ورودی ضربه‌ای	m
		تعداد راکتورهای مخزنی سری شده، پارامتری در توزیع ارلانگ یا گاما	n
		عدد ناسلت	Nu
rpm	rpm	سرعت همزن	N
		عدد هاتا	Ha
psi	Pa	فشار جزئی ماده A	p_a
psi	Pa	فشار کل	P
		عدد پکلت برای پراکندگی (سیال)	Pe
		راکتور با جریان پیستونی	PFR
		شار حرارتی، درجه واکنش، جریان سیال که با حرکت پروانه ایجاد شود.	q
ft^3 / s	m^3 / s	سرعت حجمی جریان	Q
		سرعت واکنش به ازای واحد حجم راکتور، شعاع	r
ft	m	شعاع	R
		عدد رینولدز	Re
		عدد اشمیت	Sc
		عدد شرود	Sh
s	s	زمان	t
s	s	متوسط زمان اقامت	\bar{t}
		زمان کاهش یافته (نسبی و بدون بُعد) t / \bar{t}	t_r
$^{\circ}F$	$^{\circ}C$	درجه حرارت	T
		راکتور لوله‌ای	TFR
ft/s	m/s	سرعت خطی	u

واحد آمریکایی	واحد بین‌المللی	تعریف	علامت
		ورودی پله‌ای به اندازه یک واحد	$u(t)$
$Btu / (h.ft^2.^\circ F)$	$kJ / (s.m^2.^\circ C)$	ضریب کلی انتقال حرارت	U
ft^3 / s	m^3 / s	سرعت حجمی جریان در طول واکنش نیمه‌پیوسته	ν
		ضریب استوکیومتری (موازنه‌ای)	ν_{ij}
ft^3 / s	m^3 / s	سرعت حجمی جریان	V'
ft^3	m^3	حجم راکتور	V_r
		مقدار کاتالیست	w
		امکان (فاصله) روی محور راکتور	z
		میزان تبدیل شیمیایی	x
حروف یونانی			
		کسری از خوراک که به‌صورت میانبر به جریان خروجی راکتور وصل می‌شود.	α
		کسری از حجم راکتور که سیال در آن راکد و فاقد حرکت است، عدد پراتر	β
		ورودی ضربه‌ای واحد	$\delta(\tau)$
ft	m	فاصله، ضخامت لایه (فیلم)	δ_L
		کسر فضای خالی نسبت به کل حجم در بستر پرشده، کسر حجم تخلخل نسبت به حجم دانه	ϵ
		ضریب تأثیر در کاتالیست متخلخل	η
$Btu / (h.ft.^\circ F)$	$kJ / (s.m.^\circ C)$	هدایت حرارتی	λ
		تابع شدت	$\Lambda(t)$
$lbm / (ft.s)$	Pa.s	ویسکوزیته (گرانروی)	μ
ft^2 / s	m^2 / s	ویسکوزیته سینماتیک	ν
lbm / ft^3	kg / m^3	دانسیته	ρ
		واریانس	$\sigma^2(\tau)$
		واریانس بهنجار شده	$\sigma^2(t_r)$
		تبدیل کسری	ξ
		پیچ و خم مسیر	τ

واحد آمریکایی	واحد بین‌المللی	تعریف	علامت
		ضریب تیل	ϕ
		فاکتور شکلی	ϕ_{σ}
		سرعت محلی (نقطه‌ای) پخشی انرژی	f_{ε}
زیرنویس (زیر علامت)			
		همزن، محوری، جزء A	a
		بستر، جزء B	b
		مقدار بحرانی، کاتالیست، سیال سردکننده، فاز پیوسته	c
		گردش سیال - سیرکوله شدن	cir
		فاز پراکنده	d
		خوراک، سیال	f
		فاز گاز	G
		فصل مشترک	i
		مایع	L
		ماکرو (اندازه محسوس)	ma
		اندازه کوچک	me
		اندازه بسیار کوچک (میکرو)	mi
		قرص، دانه مسطح	p
		واکنش، کاهش یافته (مقدار نسبی بدون بُعد)	r
		راکتور	R
		سطح	s
		مخزن	t
		تابع پله‌ای	u
		دیواره	w
		ورودی	•
		تابع دلتا	δ
(عدد زیرنویس (زیر علامت)			
		شرایط اولیه (شروع کار)	•