

۱۳۷۹.۴۰

بسم الله الرحمن الرحيم

قابل استفاده به عنوان مرجع کامل درس انتقال جرم  
منطبق بر سرفصل های وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

مجموع کامل

## انتقال جرم

مهندسی شیمی

### شامل :

- شرح کامل درس و مباحث
- استفاده از روابط منحصر به فرد و راهبردی جهت  
بالا بردن سرعت عمل در تست زدن
- بیش از ۱۵۰۰ سؤال تألیفی و آزمونی همراه با پاسخ تالیسی
- ارشد سراسری و آزاد همراه با حل واقعی شیمی

مؤلف: امید بابایی

مرکز نشر جهش

سرناسه : بابایی، امید  
**عنوان و نام پدیدآور** : مرجع کامل انتقال جرم مهندسی شیمی شامل شرح کامل درس، مفاهیم .../امید بابایی.  
**مشخصات نشر** : تهران: مرکز نشر جهش: آویدنگار، ۱۳۹۳  
**مشخصات ظاهری** : ۵۶۰ ص: مصور (رنگی)، جدول، نمودار.  
**شابک** : ۵-۴۰۰-۱۷۸-۹۶۴-۹۷۸-۳۵۰۰۰۰ ریال  
**وضعیت فهرست نویسی** : فیبا  
**موضوع** : دانشگاه‌ها و مدارس عالی--ایران--آزمون‌ها  
**موضوع** : جرم--انتقال--آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)  
**موضوع** : جرم--انتقال--راهنمای آموزشی (عالی)  
**موضوع** : آزمون دوره‌های تحصیلات تکمیلی--ایران  
**رده بندی کنگره** : ۱۳۹۳ م ۴/۱۵۶۲۲ ب/۲۳۵۳ LB  
**رده بندی دیویی** : ۳۷۸/۱۶۶۴  
**شماره کتابشناسی ملی** : ۳۶۰۸۷۶۶



**عنوان: مرجع کامل انتقال جرم**

**مؤلف: امید بابایی**

**ناشر: مرکز نشر جهش**

**مدیر مسئول: مهندس کاظم آرمان پور**

**ناشر همکار: آوید نگار**

**مدیر تولید: لیلا حیدری**

**ناظر چاپ و توزیع: سعید آرمان پور**

**شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه**

**نوبت چاپ: اول ۱۳۹۳**

**شابک: ۵-۴۰۰-۱۷۸-۹۶۴-۹۷۸**

**قیمت: ۳۵۰۰۰۰ ریال**

**مرکز پخش و توزیع:**

۰۲۱-۶۶۹۳۰۶۳۱-۶۶۵۷۲۱۰۰

[www.jaheshbook.com](http://www.jaheshbook.com)

کلیه حقوق این اثر متعلق به مرکز نشر جهش می باشد.

هرگونه چاپ و تکثیر کل یا قسمتی از محتویات اثر به هر صورت اعم از فتوکپی، برداشت به صورت دست نویس و غیره بدون اجازه کتبی مرکز نشر جهش ممنوع است و متخلفان به موجب قانون حمایت از ناشران تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

# یاد خدا آرام بخش قلب‌هاست

یکی از راه‌های کمال و تقرب به ذات اقدس الهی، علم و دانش است. علمی که به تعبیر استاد شهید مطهری - زبانی عقل است؛ علمی که انسان خداجو در آن نشانه‌های معبود را می‌جوید و می‌یابد و علمی که چه فزون‌تر می‌گردد، دارنده آن را به خدا نزدیک‌تر می‌کند.

مرکز نشر جهش در راهی وسیع عدالت آموزش و گسترش دسترسی همه داوطلبان به منابع و سؤال‌های دروس امتحان در چند سال گذشته اقدامات و تلاش‌هایی را به‌عمل آورده که مورد استقبال و توجه صاحب‌نظران و طلبان دیرپا قرار گرفته است. از جمله این اقدامات می‌توان به انتشار کتاب‌های طبقه‌بندی شده که هم‌اکنون به‌شماره کامل دروس و ارائه نکات کلیدی و حل کاملاً تشریحی سؤال‌ها اشاره نمود.

کتاب مزبور مبتنی بر تجربیات چندین ساله در دانش‌های و مراکز آموزشی و به‌خصوص فعالیت‌های مستمر تدریس، تألیف و تحقیق در مؤسسه جهش می‌باشد. لذا با عنایت بر اینکه این مجموعه قبل از چاپ در کلاس‌های دانشگاه و مؤسسه آموزش عالی به‌شماره تدریس شده و با در نظر گرفتن نقاط قوت و ضعف داوطلبان تهیه شده است امید است که به‌هنگامی داوطلبان در کلاس درس دانشگاه و آزمون کارشناسی ارشد قرار گیرند.

از دانشجویان و داوطلبان گرامی، اساتید محترم دانشگاه‌ها و صاحب‌نظران ارجمند انتظار داریم نظرات و پیشنهادهای اصلاحی خود را با این مرکز نشر در میان گذارند تا اقدام لازم برای اصلاحات مورد نظر آنها به‌عمل آید.

به نام حضرت دوست

بعضی از کتاب‌ها هر چه دارند از دیگران گرفته‌اند و بعضی هر چه دارند به دیگران می‌بخشند. بعضی از کتاب‌ها پیش از تولد می‌میرند و بعضی تا ابد زنده هستند.

(دکتر قیصر امین پور)

چند سال پیش که تدریس دروس کارشناسی ارشد مهندسی شیمی را شروع کردم، یکی از دوستان نزدیکم به من پیشنهاد کرد از تدریس درس انتقال جرم صرف‌نظر کنم. وی انتقال جرم را به باتلاقی تشبیه نمود به‌طوری که هر کسی تعداد تست بیشتری در این درس بزند احتمالاً درصد پایین‌تری کسب خواهد کرد. در آن روز با خود گفتم چرا یک درس برای مهندسان شیمی باید حکم باتلاق را داشته باشد. مشکل اصلی کجاست؟ مشکل از ذات درس انتقال جرم است؟ مشکل از طراحی سؤالات کنکور است؟ مشکل از نحوه مطالعه دانشجویان است؟ و یا ...

روز که به یاری خداوند و پس از دو سال کار مداوم، نگارش این کتاب را به پایان رسانده‌ام، با قطعیت می‌گویم که اگر انتقال جرم باتلاق هم باشد (که خود به آن معتقد نیستم) این کتاب همچون بلبل متحرک است که بر روی آن ساخته شده است. لذا این دلگرمی را برای خوانندگان کتاب ایجاد کردم که مطالعه متن درس و حل مثال‌های کتاب قادر خواهند بود به ۱۰۰٪ سوالات درس انتقال جرم را صحیح بدهند.

در این کتاب نیز مسبه کتاب پیش‌ام درباره‌ی درس انتقال حرارت، تمامی مطالب را مانند حلقه‌های زنجیر به هم وصل کرد، و از ذکر نکات بدون دلیل و برهان و نیز بیان روابط بدون اثبات خودداری نمودم.

با وجود اینکه مطالب کتاب را به گونه‌ای درست‌ام که برای هر دانشجویی در هر سطح علمی قابل درک باشد اما اگر هر یک از خوانندگان محترم، در صورت استاز کتاب با مشکلی مواجه شدند می‌توانند اشکال خود را به آدرس [omi\\_hajarie\\_ce@yahoo.com](mailto:omi_hajarie_ce@yahoo.com) ارسال نمایند تا در کوتاه‌ترین زمان ممکن به آن پاسخ دهم.

در انتها ضمن شکرگزاری از خداوند بزرگ که همه چیز با وجود او ممکن می‌شود، از جناب آقای مهندس کاظم آرمان پور مدیریت محترم مرکز نشر جهش و سرژر خان حیدر به خاطر اعتمادشان و از جناب آقای سعید آرمان پور به دلیل پیگیریشان تشکر و قدردانی می‌کنم. واقعیت این است که چاپ این کتاب به دلیل وسواس من در نگارش آن چندین بار به تأخیر افتاد اما دوستان عزیزم در مرکز نشر جهش هیچ‌گاه کیفیت کتاب را فدای زمان چاپ کتاب نکردند.

صحبت آخر این که از تمامی شما خوانندگان کتاب به دلیل حسن انتخابتان تشکر کرده و برای همه‌ی شما آرزوی بهترین‌ها را دارم.



## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

عنوان

|                                                                  |     |                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------|-----|
| محاسبه ضریب انتقال جرم در حرکت سیال از روی صفحه افقی             | ۲۱۴ | فصل اول: مفاهیم اولیه و مکانیزم‌های انتقال جرم               | ۹   |
| لایه مرزی سرعت                                                   | ۲۱۴ | مقدمه                                                        | ۹   |
| لایه مرزی حرارتی                                                 | ۲۱۵ | مکانیزم‌های انتقال جرم                                       | ۱۱  |
| لایه مرزی غلظتی                                                  | ۲۱۵ | انتقال جرم با نفوذ مولکولی                                   | ۱۱  |
| اهمیت لایه مرزی در محاسبه ضریب انتقال جرم                        | ۲۱۸ | انواع غلظت در انتقال جرم                                     | ۱۳  |
| جریان آرام و درهم                                                | ۲۲۲ | انواع سرعت در انتقال جرم                                     | ۲۰  |
| روش ون کارمن برای حل معادلات لایه مرزی                           | ۲۲۶ | نرخ و شار انتقال جرم                                         | ۲۲  |
| محاسبه ضرایب انتقال جرم با استفاده از تشابه بین پدیده‌های انتقال | ۲۳۷ | قانون اول فیک                                                | ۲۴  |
| تشابه رینولدز                                                    | ۲۳۷ | نکات مهمی در رابطه با ضریب نفوذ                              | ۳۱  |
| تشابه کلبرن                                                      | ۲۳۹ | موازنه برای جزء A                                            | ۴۳  |
| عدد بدون بعد St                                                  | ۲۴۱ | رابطه می‌تواند انتقال جرم                                    | ۴۴  |
| شرایط برقراری تشابه بین پدیده‌های انتقال                         | ۲۴۱ | محاسبه شار مولی انتقال جرم در حالت $\sum_{i=A}^n N_i \neq 0$ |     |
| تشابه انتقال جرم با انتقال حرارت                                 | ۲۴۳ | مختصات کارتزین                                               | ۴۷  |
| مقایسه اعداد بدون بعد Sc, Pr و Le                                | ۲۴۴ | انتقال جرم در سه جهت نفوذ و حرکت                             |     |
| تعیین ضریب انتقال جرم با استفاده از روابط تجربی                  | ۲۵۶ | نموده‌ای در انتقال جرم در سه جهت                             | ۵۳  |
| حرکت سیال از روی کره                                             | ۲۵۸ | محاسبه شار مولی انتقال جرم در حالت $\sum_{i=1}^n N_i = 0$    |     |
| محاسبه ضرایب انتقال جرم به کمک مدل‌های (تئوری‌های) انتقال جرم    | ۲۶۴ | مختصات کارتزین                                               | ۷۲  |
| شارهای مختلف انتقال جرم                                          | ۲۷۷ | انتقال جرم در مختصات استوانه‌ای                              | ۸۷  |
| تست‌های کنکور سراسری فصل دوم                                     | ۲۷۸ | انتقال جرم در مختصات کروی                                    | ۹۳  |
| پاسخنامه تست‌های کنکور سراسری فصل دوم                            | ۲۸۹ | انتقال جرم در مخروط                                          | ۹۸  |
| تست‌های کنکور آزاد فصل دوم                                       | ۲۹۸ | انتقال جرم شبه پایا                                          | ۱۰۳ |
| پاسخنامه تست‌های کنکور آزاد فصل دوم                              | ۳۰۰ | معادله پیوستگی                                               | ۱۱  |
|                                                                  |     | معادله اساسی جرم                                             | ۱۱۲ |
| <b>فصل سوم: انتقال جرم بین دو فاز</b>                            |     | انواع واکنش شیمیایی (هموزن و هتروژن)                         | ۱۱۷ |
| مقدمه                                                            | ۳۰۳ | قانون دوم فیک                                                | ۱۲۲ |
| انتقال جرم در دو فاز                                             | ۳۰۴ | توزیع غلظت                                                   | ۱۲۵ |
| تئوری دو فاز (دو مقاومتی)                                        | ۳۰۵ | انجام واکنش سریع و کند روی سطح کاتالیست                      | ۱۲۷ |
| تئوری سه فاز: از مقاومت در برابر انتقال جرم                      | ۳۲۲ | انتقال جرم همراه با واکنش شیمیایی هموزن                      | ۱۳۶ |
| مقاومت انتقال جرم                                                | ۳۲۴ | تست‌های کنکور سراسری فصل اول                                 | ۱۳۹ |
| تالطم در فصل مشترک                                               | ۳۳۸ | پاسخنامه تست‌های کنکور سراسری فصل اول                        | ۱۵۷ |
| تست‌های کنکور سراسری فصل سوم                                     | ۳۳۹ | تست‌های کنکور آزاد فصل اول                                   | ۱۷۱ |
| پاسخنامه تست‌های کنکور سراسری فصل سوم                            | ۳۴۴ | پاسخنامه تست‌های کنکور آزاد فصل اول                          | ۱۷۴ |
| تست‌های کنکور آزاد فصل سوم                                       | ۳۴۸ |                                                              |     |
| پاسخنامه تست‌های کنکور آزاد فصل سوم                              | ۳۵۰ |                                                              |     |
| <b>فصل چهارم: موازنه مواد در دستگاه‌های انتقال جرم</b>           |     | <b>فصل دوم: ضرایب انتقال جرم</b>                             |     |
| مقدمه                                                            | ۳۵۳ | مقدمه                                                        | ۱۷۷ |
| تقسیم‌بندی واحدهای عملیاتی از نظر نحوه تماس بین دو فاز           | ۳۵۴ | ضرایب انتقال جرم                                             | ۱۷۷ |
| واحدهای عملیاتی یک مرحله‌ای موازی و همسو                         | ۳۵۶ | محاسبه ضرایب انتقال جرم                                      | ۱۹۰ |
| واحد عملیاتی یک مرحله‌ای متقاطع                                  | ۳۷۲ | محاسبه ضرایب انتقال جرم با استفاده از معادلات بقا            | ۱۹۰ |
| واحد عملیاتی تک مرحله‌ای متقابل                                  | ۳۷۳ | محاسبه ضرایب انتقال جرم در فیلم ریزان مایع                   | ۱۹۱ |
| محاسبه حداقل خلل مصرفی                                           | ۳۷۹ | میزان جذب گاز در فیلم ریزان مایع                             | ۲۰۲ |
| واحد عملیاتی ناپیوسته                                            | ۳۸۹ | عدد بدون بعد Re                                              | ۲۰۸ |
|                                                                  |     | عدد بدون بعد Sc                                              | ۲۰۹ |
|                                                                  |     | عدد بدون بعد Pe                                              | ۲۱۱ |

|     |       |                                              |
|-----|-------|----------------------------------------------|
| ۳۹۲ | ..... | واخدهای عملیاتی نیمه پیوسته                  |
| ۳۹۲ | ..... | عملیات چند مرحله‌ای موازی و همسو             |
| ۳۹۴ | ..... | عملیات چند مرحله‌ای متقاطع                   |
| ۴۰۴ | ..... | عملیات چند مرحله‌ای متقابل                   |
|     |       | تعیین تعداد مراحل تئوری در روش متقابل به کمک |
| ۴۰۸ | ..... | معادلات سودر                                 |
| ۴۱۳ | ..... | تست‌های کنکور سراسری فصل چهارم               |
| ۴۱۷ | ..... | پاسخنامه تست‌های کنکور سراسری فصل چهارم      |
| ۴۲۲ | ..... | تست‌های کنکور آزاد فصل چهارم                 |
| ۴۲۴ | ..... | پاسخنامه تست‌های کنکور آزاد فصل چهارم        |

## فصل پنجم: عملیات انتقال جرم

|     |       |                                          |
|-----|-------|------------------------------------------|
| ۴۲۷ | ..... | مقدمه                                    |
| ۴۲۸ | ..... | جداسازی مکانیکی                          |
| ۴۲۸ | ..... | فرآیندهای جداسازی توأم با انتقال جرم     |
| ۴۲۸ | ..... | تماس مستقیم دو فاز غایب پایدار           |
| ۴۳۳ | ..... | تماس مستقیم دو فاز پایدار                |
| ۴۳۴ | ..... | تماس غیر مستقیم دو فاز جدا شده توسط غشاء |
| ۴۴۳ | ..... | جداسازی به وسیله پدیده‌های سطحی          |
| ۴۴۴ | ..... | عملیات مستقیم و غیر مستقیم               |
| ۴۴۶ | ..... | عملیات پایا و ناپایا                     |
| ۴۴۶ | ..... | دستگاه‌های عملیاتی مرحله‌ای و دیفرانسیل  |
| ۴۴۶ | ..... | انتخاب مناسب‌ترین روش جداسازی            |
| ۴۴۶ | ..... | اصول طراحی یک واحد عملیاتی               |

## فصل ششم: دستگاه‌های عملیاتی گاز - مایع

|     |       |                                       |
|-----|-------|---------------------------------------|
| ۴۷۰ | ..... | مقدمه                                 |
| ۴۷۱ | ..... | مخازن مجهز به حباب‌ساز                |
| ۴۶۰ | ..... | مخازن مجهز به همزن                    |
| ۴۶۵ | ..... | برج‌های سینی‌دار                      |
| ۵۰۲ | ..... | برج‌های پر شده                        |
| ۵۴۱ | ..... | مقایسه برج‌های سینی‌دار و پر شده      |
| ۵۴۳ | ..... | شستشو دهنده‌های و تئوری               |
| ۵۴۳ | ..... | برج‌های دیواره مرطوب                  |
| ۵۴۳ | ..... | برج‌های پاششی                         |
| ۵۴۵ | ..... | تست‌های کنکور سراسری فصل ششم          |
| ۵۴۹ | ..... | پاسخنامه تست‌های کنکور سراسری فصل ششم |
| ۵۵۲ | ..... | تست‌های کنکور آزاد فصل ششم            |
| ۵۵۴ | ..... | پاسخنامه تست‌های کنکور آزاد فصل ششم   |

## فصل هفتم: ویژگی‌های برج‌های جذب و دفع

|     |       |         |
|-----|-------|---------|
| ۵۵۵ | ..... | مقدمه   |
| ۵۵۵ | ..... | برج جذب |

|     |       |       |
|-----|-------|-------|
| ۵۶۰ | ..... | مراجع |
|-----|-------|-------|