





مصنع كريستل التابع للشركة الوطنية لثاني أكسيد التيتانيوم - مدينة ينبع الصناعية (١٤٢٥هـ).

العمليات المشتركة للجسيمات الصلبة

تأليف

د. وحيد عطية المصري - د. حامد محمد مصطفى
د. خالد عبد الرحمن الصقير - م. عزيز محمد أبو خلف

قسم الهندسة الكيميائية
كلية الهندسة - جامعة الملك سعود

الطبعة الثانية ١٤٢٦ هـ

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية



ح) جامعة الملك سعود، ١٤٢٦هـ (٢٠٠٥م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
المصري، وحيد عطية... وآخرون
العمليات المشتركة للجسيمات الصلبة - وحيد عطية المصري - الرياض،
١٤٢٦هـ.

٣٨٩ ص؛ ١٧ سم × ٢٤ سم

ردمك : ٣-٨٦٨-٣٧-٩٩٦٠

١- الهندسة الكيميائية ٢- خواص المواد ٣- التفاعلات الكيميائية
أ- العنوان

١٤٢٦/٣٠٩١

ديوي ٢، ٦٦٠

رقم الإيداع : ١٤٢٦/٣٠٩١

ردمك : ٣-٨٦٨-٣٧-٩٩٦٠

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره، بعد الاطلاع على تقارير المحكمين في إجتماعه الحادي عشر للعام الدراسي ١٤٢٥/١٤٢٦هـ، المنعقد بتاريخ ٢٦/١٢/١٤٢٥هـ الموافق ٢٠٠٥/٢/٦م.

النشر العلمي والمطابع ١٤٢٦هـ

مقدمة الطبعة الثانية

استخدمت الطبعة الأولى من هذا الكتاب كأحد المراجع لمقرر العمليات المشتركة في قسم الهندسة الكيميائية بجامعة الملك سعود، على مدى السنوات الماضية من طبعة الكتاب. وقد تبين من تداول الكتاب بطبعته الأولى الحاجة إلى إحداث تغييرات وتعديلات فيه، منها ما هو متعلق بالإضافات ومنها ما هو متعلق بالمحتوى نفسه من حيث الربط والتحديث والتصحيح. وقد تمثلت هذه التغييرات والتعديلات فيما يلي:

- إضافة عدة مواضيع جديدة تواكب التطور العلمي المتجدد وكذلك متطلبات الخطط الدراسية المتنوعة.
- إعادة صياغة بعض الفصول والأبواب بشكل أبسط وأوضح للقارئ، وإضافة وحذف بعض الملاحق.
- إضافة باب جديد يتعلق بكيفية مواجهة المشاكل بشكل عام ومنها المسائل والواجبات الدراسية، لتكون عوناً للطالب على مواجهة مثل هذه الأمور أثناء الدراسة وفي مجال العمل بمختلف أشكاله.
- تحديث وتعديل المسائل في كل فصل بما يتناسب مع هذه التغييرات.
- تدارك الأخطاء بكل أنواعها.
- التركيز ما أمكن على وحدات النظام العالمي SI.

يمكن تدريس هذا الكتاب في فصل دراسي عادي ويشمل ذلك الفصول الأربعة الأولى بالإضافة إلى الاختيار من الفصل الخامس إلى السابع بحسب الوقت المتاح. أما تدريس هذا الكتاب في فصل دراسي صيفي فيجب أن يشمل ذلك بصورة أساسية الفصل الثالث والرابع مع الاختيار من الفصول الأخرى بحسب الوقت المتاح. نسأل المولى عز وجل أن يكون كتاب العمليات المشتركة للجسيمات الصلبة بطبعته الجديدة عوناً للطلاب والمهندسين العاملين، وأن يلبي الأهداف المرجوة من تقريب العلوم الهندسية ونقل التقنيات الحديثة بلغتنا العربية بصورة دورية ومستمرة. ولا يسعنا في النهاية إلا أن نتوجه بالشكر الجزيل إلى كل من تكرم بإبداء الملاحظات والتوجيهات البناءة التي ساهمت في تنقيح الطبعة الثانية، ونخص بالشكر كلا من المهندس فادي محمد طرابزونى والدكتور يوسف صالح الصغير والمهندس فؤاد محمد موسى والمهندس نايف حماد الثقفي على الجهد الذي بذلوه في مراجعة مسودة الطبعة الثانية. كما نخص بالشكر الشركة الوطنية لثاني أكسيد التيتانيوم وشركة المرشحات الطبية والشركة المتحدة لصناعة السكر لتقديمها المعلومات الفنية والصور الفوتوغرافية المتعلقة بموضوعات الكتاب.

والله الموفق ، ، ،

المؤلفون

مقدمة الطبعة الأولى

الهدف من دراسة العمليات المشتركة للجسيمات الصلبة هو فهم طبيعة هذه المواد والتعرف على خصائص جريانها، وذلك من أجل التمكن من تصميم العمليات والأجهزة اللازمة لتناولها، أو تحليل القائم منها بغرض التحسين أو التطوير أو التغلب على مشاكل التشغيل المتعلقة بها. لذلك تلقى الأجسام الصلبة الصغيرة المقاس اهتماما بالغاً في الهندسة الكيميائية وفي التخصصات الأخرى إذ ينصب هذا الاهتمام على تحليلها ودراسة تأثيرها في انتقال الحرارة والمادة والتفاعلات الكيميائية.

إن التعامل مع الأجسام الصلبة في الغالب أكثر صعوبة منه في حالة السوائل أو الغازات، حيث تظهر الأجسام الصلبة في أثناء معالجتها بأشكال مختلفة كقطع ذات زوايا أو صفائح أو مساحيق ناعمة. وقد تكون صلدة، مطاطية، طرية، قابلة للكسر، سهلة السريان أو ملتصقة. والأجسام الصلبة إما أن تكون مركبة من عنصر واحد أو خليط من عناصر مختلفة.

من هنا تتبين أهمية هذا النوع من المواد وضرورة فهم خواصه والتعامل معه. لهذا خصصت له مقررات مستقلة لتدريسه وغالبا ما تكون تحت مسمى "العمليات المشتركة للجسيمات الصلبة" والتي تعتبر من المواد الأساسية في الهندسة الكيميائية على

المستويين النظري والتطبيقي. لذا رأينا أن من الضرورة بمكان تأليف كتاب يشتمل على أهم المواضيع المتعلقة بهذا المقرر؛ ليكون مرجعا سهلا بين أيدي الطلاب. ولقد كان للتطور الهائل في حركة الترجمة والتعريب في العالم العربي حافزا لنا على تأليف هذا الكتاب والذي سيكون رائدا في هذا المجال؛ لأنه وبحسب ما يتوفر لدينا من معلومات فإنه لا يوجد كتاب يتطرق لموضوع العمليات المشتركة للجسيمات الصلبة باللغة العربية على مستوى العالم العربي. وعليه فسيشكل هذا الكتاب اللبنة الأساسية الأولى لمزيد من التأليف والتطوير في هذا المجال.

وسوف يستخدم هذا الكتاب كمرجع باللغة العربية لطلاب الهندسة الكيميائية في جامعة الملك سعود الذين يدرسون مقرر "العمليات المشتركة" والخاصة بالعمليات المشتملة على الجسيمات الصلبة. كما سيستفيد منه أيضا طلاب الهندسة الكيميائية في الأقسام المناظرة في الجامعات والكليات التقنية العربية. كما يستفيد منه المهندس الذي يعمل في الصناعة وكذلك الباحث في موضوع الجسيمات الصلبة من التخصصات الأخرى.

يتناول هذا الكتاب خواص الجسيمات الصلبة وأساليب وطرق تحويلها وفصلها، وتناولها، وأجهزة التعامل معها. يشتمل أيضا على تطبيقات مختلفة لاستخدام الجسيمات الصلبة في الصناعات الكيميائية والتقنيات الحيوية الجديدة. يتألف الكتاب من سبعة فصول والملاحق المتعلقة بها، حيث يشمل الفصل الأول: مقدمة في العمليات المشتركة والفصل الثاني: مقدمة في الوحدات الهندسية وتحويلاتنا المختلفة و الفصل الثالث: خصائص الجسيمات الصلبة والفصل الرابع: تصغير المقاس والفصل الخامس: حركة الجسيمات الصلبة في الموائع والفصل السادس: الترشيح والفصل السابع: الترسيب. أما الملاحق فهي: ملحق (أ): جدول التحويلات والثوابت

ط

الطبيعية، ملحق (ب): خصائص الماء السائل، ملحق (ج): خصائص الهواء، ملحق
(د): مقياس تايلور للمناخل، ملحق (هـ): صناعة السكر.
ختاماً لا يسعنا إلا أن نتقدم بجزيل الشكر إلى كل من مركز البحوث وقسم
الهندسة الكيميائية في كلية الهندسة بجامعة الملك سعود لدعمهم تأليف هذا الكتاب.

المؤلفون

المحتويات

هـ.....	مقدمة الطبعة الثانية.....
ز.....	مقدمة الطبعة الأولى.....
١	الفصل الأول: أنواع العمليات المشتركة.....
١	(١,١) مقدمة.....
٢	(١,٢) تصنيف العمليات المشتركة.....
٤	(١,٣) تكوين الوحدات الصناعية.....
٢٣.....	(١,٤) العمليات التي تشمل الجسيمات الصلبة.....
٢٥	الفصل الثاني: مقدمة في الأسس الحسابية وتحليل البيانات.....
٢٥	(٢,١) مقدمة.....
٢٦.....	(٢,٢) الوحدات وأنظمتها.....
٣١	(٢,٣) الأرقام المعنوية.....
٣٤	(٢,٤) أهمية علم الإحصاء في العمليات المشتركة للجسيمات الصلبة.....
٣٨.....	(٢,٥) تمثيل البيانات.....

٤١ (٢,٦) مواجهة المشاكل والتغلب عليها

٤٤ (٢,٧) مسائل

٤٩ الفصل الثالث: الجسيمات الصلبة

٤٩ (٣,١) مقدمة

٤٩ (٣,٢) المقاس والقطر المكافئ

٥٠ (٣,٣) الشكل والتكورية

٥١ (٣,٤) الحجم والمساحة السطحية

٥٥ (٣,٥) الجسيمات المختلطة

٥٦ (٣,٦) طرق معرفة مقياس الجسيم

٦٤ (٣,٧) توزيع مقياس الجسيم بيانيا

٦٩ (٣,٨) تحليل توزيع مقياس الجسيم رياضيا

٧٧ (٣,٩) خلط الجسيمات الصلبة

٨٨ (٣,١٠) خصائص كتلة من الجسيمات الصلبة

٩١ (٣,١١) عيوب تحليل المقاس بالنخل

٩٢ (٣,١٢) أجهزة خلط الجسيمات الصلبة

٩٩ (٣,١٣) الرموز

١٠١ (٣,١٤) مسائل

١١١ الفصل الرابع : تصغير مقياس الجسيمات الصلبة

١١١ (٤,١) مقدمة

- ١١٢ (٤,٢) الخصائص المطلوبة للمنتج المفتت
- ١١٣ (٤,٣) الطاقة والقدرة المطلوبة لعملية التفتيت
- ١١٤ (٤,٤) كفاءة التفتيت
- ١١٦ (٤,٥) قانون ريتنجر
- ١١٧ (٤,٦) قانون كيك
- ١١٨ (٤,٧) قانون بوند
- ١١٨ (٤,٨) مؤشر الشغل
- ١٢١ (٤,٩) محاكاة عمليات الطحن باستخدام الحاسوب
- ١٣١ (٤,١٠) طرق تشغيل الطواحين والكسارات وتصنيفها
- ١٣٥ (٤,١١) خواص تجب معرفتها في الجسيمات التي يراد طحنها
- ١٣٧ (٤,١٢) أنواع أجهزة تصغير القياس
- ١٥٥ (٤,١٣) أجهزة الطحن فائقة الدقة
- ١٥٥ (٤,١٤) طواحين تعمل بطاقة المائع
- ١٥٦ (٤,١٥) طواحين الغروانيات
- ١٥٨ (٤,١٦) الرموز
- ١٦٠ (٤,١٧) مسائل

١٦٩ الفصل الخامس: حركة الجسيمات الصلبة في الموائع

- ١٦٩ (٥,١) مقدمة
- ١٧٢ (٥,٢) قوة المقاومة للأجسام الكروية
- ١٨٣ (٥,٣) حركة الجسيمات غير الكروية

١٩٠	(٥,٤) السرعة الحدية بدلالة معامل المقاومة
١٩٠	(٥,٥) معايير لتحديد المجال الذي يوصف حركة الجسيمات
١٩٣	(٥,٦) الترسيب المعاق
١٩٦	(٥,٧) حركة فقاعات الغازات وقطرات السوائل خلال الموائع
١٩٨	(٥,٨) حركة الجسيمات تحت تأثير قوة الطرد المركزي
١٩٩	(٥,٩) جريان مائع خلال مهد ثابت
٢٠٦	(٥,١٠) التميع
٢١٣	(٥,١١) الرموز
٢١٥	(٥,١٢) مسائل

٢١٩	الفصل السادس: الترشيح
٢١٩	(٦,١) مقدمة
٢٢١	(٦,٢) طيف الترشيح
٢٢٣	(٦,٣) وسط الترشيح
٢٢٥	(٦,٤) تصنيف عمليات الترشيح
٢٢٨	(٦,٥) مرشح الكعكة
٢٣٥	(٦,٦) مرشح الترويق
٢٣٨	(٦,٧) مرشح السريان المتقاطع
٢٣٩	(٦,٨) المرشحات الطيبة
٢٤٥	(٦,٩) مساعدات الترشيح
٢٤٧	(٦,١٠) أساسيات مرشح الكعكة

س

- ٢٦٤ (٦.١١) أمثلة على الترشيح
٢٧٥ (٦.١٢) الرموز
٢٧٦ (٦.١٣) مسائل

الفصل السابع: عمليات الترسيب ٢٨٣

- ٢٨٣ (٧.١) مقدمة
٢٨٣ (٧.٢) الترسيب بالجاذبية
٣٠٠ (٧.٣) الترسيب بالطرد المركزي
٣٠٨ (٧.٤) الرموز
٣٠٩ (٧.٥) مسائل

المراجع ٣١٥

- ٣١٥ أولاً: المراجع العربية
٣١٦ ثانياً: المراجع الأجنبية

الملاحق ٣٢١

- ٣٢١ ملحق (أ): جدول التحويلات والثوابت الطبيعية
٣٢٥ ملحق (ب): خصائص الماء السائل
٣٢٧ ملحق (ج): خصائص الهواء
٣٢٩ ملحق (د): مقياس تايلور للمناخ
٣٣١ ملحق (هـ): سيرة بعض العلماء الذين برزوا في ميكانيكية الموائع

- ٣٣٧ ثبت المصطلحات
- ٣٣٧ أولاً: عربي - إنجليزي
- ٣٤٨ ثانياً: إنجليزي - عربي