



افق مواد: از طبیعی تا نانو

# نانو مواد و فوتوکاتالیز در شیمی با رویکرد مکانیسمی و تجربی

نویسنده: محمد بلال طاهر و خالد ندیم ریاض

مترجم:

دکتر علی صادقی - دکتر محمد فاعلی

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی و امد جویبار

|                           |                                                                                                                                   |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| سرشناسه :                 | طاهر، محمد بلال<br>Tahir, Muhammad Bilal                                                                                          |
| عنوان و نام پدیدآور :     | نانو مواد و فوتوکاتالیز در شیمی با رویکرد مکانیسمی و تجربی / نویسنده محمد بلال طاهر، خالد ندیم ریاض؛ مترجم علی صادقی، محمد فاعلی. |
| مشخصات نشر :              | قائم شهر، مهرانبی، ۱۴۰۰.                                                                                                          |
| مشخصات ظاهری :            | ۲۲۲ ص.؛ مصور (رنگی)، جدول، نمودار (بخشی رنگی).                                                                                    |
| شابک :                    | ۲۷۰۰۰۰ ریال ۴-۵۶-۷۹۸۵-۶۰۰-۹۷۸                                                                                                     |
| وضعیت فهرست نویسی :       | فیبا                                                                                                                              |
| یادداشت :                 | عنوان اصلی، Nanomaterials and photocatalysis in chemistry: mechanistic and experimental approaches.                               |
| یادداشت :                 | بالای عنوان، افق مواد، از طبیعی تا نانو.                                                                                          |
| یادداشت :                 | کتابنامه.                                                                                                                         |
| عنوان دیگر :              | افق مواد، از طبیعی تا نانو.                                                                                                       |
| موضوع :                   | مواد نانوساختار<br>Nanostructured materials<br>کاتالیز نوری<br>Photocatalysis                                                     |
| شناسه افزوده :            | ریاض، خالد ندیم                                                                                                                   |
| شناسه افزوده :            | Riaz, Khalid Nadeem                                                                                                               |
| شناسه افزوده :            | صادقی، علی، ۱۳۵۴ - (دکتر)، مترجم                                                                                                  |
| شناسه افزوده :            | فاعلی، محمد، ۱۳۵۱ - (دکتر)، مترجم                                                                                                 |
| رده بندی کنگره :          | ۹/۴۱۸۳۸                                                                                                                           |
| رده بندی دیویی :          | ۵/۶۲۰                                                                                                                             |
| شماره کتابشناسی ملی :     | ۸۵۴۲۲۴۵                                                                                                                           |
| اطلاعات رکورد کتابشناسی : | فیبا                                                                                                                              |



عنوان کتاب: افق مواد: از طبیعی تا نانو - نانو مواد و فوتوکاتالیز در شیمی با رویکرد مکانیسمی و تجربی  
نویسنده: محمد بلال طاهر و خالد ندیم ریاض  
مؤلف: دکتر علی صادقی - دکتر محمد فاعلی  
صفحه آرا: احمد رستگار امرئی  
طرح روی جلد: احمد رستگار امرئی  
تیراژ: ۱۰۰۰  
قیمت: ۲۷۰۰۰ تومان  
شابک: ۴-۵۶-۷۹۸۵-۶۰۰-۹۷۸  
ناشر: مهرانبی  
چاپ و صحافی: مازندگستر

تلفن: ۰۹۱۱۲۲۶۸۵۵۷

Email: mehronnabi@yahoo.com

## فصل اول: مقدمه

|    |                                   |
|----|-----------------------------------|
| ۸  | مقدمه                             |
| ۸  | ۱-۱- پیشینه تاریخی فوتو کاتالیز   |
| ۱۱ | ۱-۲- تعریف گسترده از فوتو کاتالیز |
| ۱۳ | منابع فصل اول                     |

## فصل دوم: مبانی فوتو کاتالیز برای تبدیل انرژی

|    |                                                   |
|----|---------------------------------------------------|
| ۱۶ | ۲-۱- تقسیم فوتو کاتالیستی آب                      |
| ۱۶ | ۲-۱-۱- اهمیت تقسیم فوتو کاتالیستی آب              |
| ۱۶ | ۲-۱-۲- اصول اساسی تقسیم فوتو کاتالیستی آب         |
| ۱۹ | ۲-۱-۳- انواع تقسیم فوتو کاتالیستی آب              |
| ۲۱ | ۲-۱-۴- ارزیابی عملکرد تقسیم فوتو کاتالیستی آب     |
| ۲۲ | ۲-۲- تبدیل فوتو کاتالیستی $CO_2$                  |
| ۲۲ | ۲-۲-۱- اهمیت تبدیل فوتو کاتالیستی $CO_2$          |
| ۲۵ | ۲-۲-۲- ارزیابی عملکرد تبدیل فوتو کاتالیستی $CO_2$ |
| ۲۷ | ۲-۳- تثبیت فوتو کاتالیستی $N_2$                   |
| ۲۷ | ۲-۳-۱- اهمیت تثبیت فوتو کاتالیستی $N_2$           |
| ۲۷ | ۲-۳-۲- اصول اساسی تثبیت فوتو کاتالیستی $N_2$      |
| ۳۰ | ۲-۳-۳- ارزیابی عملکرد تثبیت فوتو کاتالیستی $N_2$  |
| ۳۱ | منابع فصل دوم                                     |

## فصل سوم: مبانی فوتو کاتالیز

|    |                                  |
|----|----------------------------------|
| ۳۶ | ۳-۱- فوتو کاتالیز برای تصفیه هوا |
|----|----------------------------------|

- ۳-۱-۱ - اکسیداسیون فوتوکاتالیستی VOC ها ..... ۳۶
- ۳-۱-۲ - حذف فوتوکاتالیستی  $\text{NO}_x$  و  $\text{SO}_x$  ..... ۴۲
- ۳-۱-۳ - حذف فوتوکاتالیستی مونوکسید کربن ( $\text{CO}$  و ازن) ..... ۴۴
- ۳-۱-۴ - بوزدایی فوتوکاتالیستی ..... ۴۶
- ۳-۲ - فوتوکاتالیز برای تصفیه آب ..... ۴۶
- ۳-۲-۱ - تخریب فوتوکاتالیستی CEC ها ..... ۴۸
- ۳-۲-۲ - کاهش فوتوکاتالیستی EDC ها ..... ۵۱
- ۳-۲-۳ - حذف فوتوکاتالیستی میکروبیهای بیماریزا ..... ۵۳
- ۳-۲-۴ - حذف فوتوکاتالیستی سیانوتوکسین ها ..... ۵۴
- ۳-۳ - پارامترهای موثر بر کارایی تخریب فوتوکاتالیستی ..... ۵۷
- ۳-۳-۱ - اثر دوز کاتالیست ..... ۵۷
- ۳-۳-۲ - اثر غلظت آلاینده ها ..... ۵۷
- ۳-۳-۳ - اثر PH محلول ..... ۵۸
- ۳-۳-۴ - اثر نمک های معدنی ..... ۵۹
- ۳-۳-۵ - اثر گونه های اکسید کننده ..... ۶۰
- منابع فصل سوم ..... ۶۱

## فصل چهارم: مواد نانو برای تبدیل فوتوکاتالیستی انرژی

- ۴-۱ - نانومواد برای تقسیم فوتوکاتالیستی آب ..... ۷۰
- ۴-۱-۱ - نانومواد مبتنی بر اکسید فلز ..... ۷۰
- ۴-۲ - نانومواد مبتنی بر سولفید فلزی ..... ۸۱
- ۴-۲-۱ -  $\text{CdS}$  ..... ۸۱
- ۴-۲-۲ -  $\text{ZnS}$  ..... ۸۳
- ۴-۲-۳ -  $\text{MoS}_2$  ..... ۸۵
- ۴-۲-۴ - سولفید دو فلزی ..... ۸۶
- ۴-۲-۵ - سولفید چند فلزی ..... ۸۷
- ۴-۲-۶ - نانومواد بدون فلز ..... ۹۰

## مقدمه

مواد از بدو پیدایش حیات روی زمین، قطعه ضروری تمدن بشر است. با گذشت زمان، تعداد بیشماری از مواد جدید مورد کاوش و همچنین توسعه قرار گرفته و جستجوی مواد نوآورانه جدید به سرعت ادامه یافت. این مجموعه با در نظر داشتن چشم‌اندازهای عظیم طبقات مختلف مواد، مجموعه‌ای جامع از تحقیقات وسیع انجام شده در مورد علم مواد و ارتباط آن با فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و مهندسی ارائه می‌نماید. این مجموعه کهکشانی از مواد را شامل می‌شود، از مواد طبیعی گرفته تا مواد نانو. برخی از عناوین شامل: بیولوژیکی، مواد شبه بیولوژیکی، سرامیک، کامپوزیت‌ها، پوشش‌ها، شیشه‌ها، مواد غیر آلی، هیبریدهای غیر آلی - آلی، فلزات، غشا، مواد مغناطیسی، مواد نانو، مواد آلی و رنگدانه‌ها می‌باشد. این مجموعه، اطلاعات به موقع و جامعی را در زمینه سنتز، پردازش، توصیف، تولید و کاربردهای پیشرفته در طیف گسترده‌ای از رشته‌های میان رشته‌ای در علوم، مهندسی و فناوری ارائه می‌دهد. این مجموعه بینشی عمیق در مورد "افق‌های مواد" به دانشجویان، دانشگاهیان، دانشمندان علوم صنعتی که در تمام جنبه‌های تحقیق در زمینه مواد درگیر هستند، ارائه می‌دهد.

## ۱-۱- پیشینه تاریخی فوتوکاتالیز

در اوایل سال ۱۹۰۱، آزمایشاتی توسط شیمی دان جیکامو سیامیکس<sup>[۱]</sup> برای بررسی تأثیر طول موج نور بر واکنش های شیمیایی انجام شد. آزمایشات صورت گرفته با نورهای قرمز و آبی نشان داد وقتی از نور آبی در واکنش های شیمیایی

استفاده شود یک اثر شیمیایی اتفاق می‌افتد. وی این احتمال که آیا این واکنش‌های شیمیایی توسط دمای (گرمای حرارتی) تولید شده از طریق تابش نور آبی یا هر دلیل دیگری رخ می‌دهد را با دقت بررسی کرد. اصطلاح "فوتوکاتالیز" اولین بار در چندین مطالعه علمی در سال ۱۹۱۱ مورد استفاده قرار گرفت. در آلمان، اینر<sup>۱</sup> این مفهوم را در گزارش خود در مورد تأثیر ZnO در سفید شدن رنگ آبی پروس ارائه داد [۵-۲]. این مطالعه انگیزه آزمایش‌های بعدی بر روی فوتوکاتالیست ZnO برای سایر واکنش‌ها از جمله کاهش یون  $Ag^+$  به Ago تحت تابش نور در سال ۱۹۲۴ بوده است [۶]. اگرچه، قبل از این اثرات، مدت زیادی بود که واکنش‌های شیمیایی فوتو اکتیو بررسی شده بود ولی در آن از کاتالیزورهای فعال سبک استفاده نمی‌کردند [۷]. در سال ۱۹۳۲،  $TiO_2$  و  $Nb_2O_5$  برای بررسی تجزیه فوتوکاتالیستی  $AgNO_3$  به Ag و  $AuCl_3$  به Au مورد بررسی قرار گرفتند.

در اواخر سال ۱۹۳۸،  $TiO_2$  به عنوان حساس کننده به نور برای تجزیه رنگ‌ها در محیط اکسیژن مورد مطالعه قرار گرفت [۱۰]. جالب اینجاست که فرآیند فوتوکاتالیستی با وجود عدم کاربردهای تجاری معمول، به عنوان یک واکنش شیمیایی مهم ادامه یافت. با این حال، این وضعیت در اوایل سال ۱۹۷۰ به دو دلیل عمده تغییر یافت. اولاً، بحران‌های نفتی محققان را بر آن داشت تا در کنار سوخت‌های فسیلی، منابع دیگر انرژی تجدیدپذیر را نیز جستجو کنند [۱۱]. ثانیاً، تأثیرات جدی زیست محیطی ناشی از صنعتی‌سازی در مقیاس بزرگ، دانشمندان را ترغیب نمود تا منابع انرژی سبز و کارآمد برای تقاضای آینده جهان به انرژی را دنبال کنند [۱۲].