

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ



## روش‌های ساخت غشاها نفیونی و فلمیونی

(کاربرد آن در فرآیندهای کلر-آلکالی، پیل های سوختی و انواع مواد صنعتی)

تالیف، گردآوری و تدوین

دکتر عزت الله جود کی  
مهندس شبنم سادات مشهدی

سروشناستامه	:	جود کی، عزت الله، -۱۳۴۴
عنوان و نام پدیدآور	:	روش های ساخت غشاها نفیونی و فلماونی (کاربرد آن در فرآیندهای کلر آلکالی، پل های سوختی و انواع مواد صنعتی)
/ تالیف، گردآوری و تدوین: عزت الله جود کی، ششم سادات مشهدی		
مشخصات نشر	:	اراک: دانشگاه اراک، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	:	۲۷۰ ص.
شابک	:	۹۷۸-۶۰۰-۷۷۳۱-۷۵-۸
وضعیت فهرست نویسی	:	فیبا
یادداشت	:	کتابنامه.
موضوع	:	پلیمرهای فلورورینه
موضوع	:	Fluoropolymers
شناسه افزوده	:	مشهدی، ششم سادات، -۱۳۶۵
شناسه افزوده	:	دانشگاه اراک
رده بندی کنگره	:	TP11۸۰
رده بندی دیوبنی	:	۴۲۳۸/۶۶۸
شماره کتابشناسی ملی	:	۸۵۰۰۵۴۱

### روش های ساخت غشاها نفیونی و فلماونی

(کاربرد آن در فرآیندهای کلر-آلکالی، پل های سوختی و انواع مواد صنعتی)

تالیف، گردآوری و تدوین	:	دکتر عزت الله جود کی / مهندس ششم سادات مشهدی
ناشر	:	دانشگاه اراک
شماره کان	:	۱۰۰
نوبت چاپ	:	۱۴۰۰ - اول
شابک	:	۹۷۸-۶۰۰-۷۷۳۱-۷۵-۸
قیمت	:	۱۷۰۰۰ تومان

حق چاپ برای ناشر محفوظ است

## پیش‌گفتار

کتاب حافظه‌ی بشریت است و در ساخت اندیشه، هیچ وسیله‌ای همچون کتاب، واجد ژرفا و کارایی لازم نیست. از این رو ترویج و نشر کتاب، نهادینه سازی فرهنگ کتابخوانی، ارضای حس کنجکاوی و پرسشگری دانشجویان و تربیت علمی و فرهنگی نسلی شایسته و درخور، رسالتی مسلم بر دوش ارباب فرهنگ و دانش است. از آنجا که همیشه نقش آموزش در کنار پژوهش انکار ناپذیر و از مسائل اساسی بوده است این رسالت، ما را نیز برآن داشت که به عنوان عضو کوچکی از جامعه‌ی علمی و فرهنگی ایران، پای به میدان نهاده و در تحقیق این هدف ارزش‌ده و انسانی، نقشی هرچند اندک ایفا کنیم.

امروزه فناوری‌های مرتبط با فرآیندهای غشایی با توجه به سطح پایین مصرف انرژی، عدم ایجاد آلایندگی و سهولت تبدیل به مقیاس‌های بزرگتر به عنوان یکی از روش‌های جداسازی، جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند. بالا بودن راندمان جداسازی برای محلول‌های رقیق، نیاز کم به مواد افزودنی و حلال‌ها و خواص مناسب جداسازی سبب شده است تا جداسازی غشایی از سایر روش‌های جداسازی متمایز شده و بسیار مورد توجه قرار گیرد.

یکی از مهم‌ترین قطعات در پیل‌های سوختی، پیل‌های الکترولیز و ژنراتورهای هیدروژن، غشای تبادل یونی هستند. امروزه رایج ترین استفاده صنعتی این نوع غشا، در پیل‌های الکترولیز آب نمک برای تولید گاز کلر می‌باشد. غشای تبادل یونی در این فرآیند نقش محوری دارد و خاصیت تراوایی آن برای یون سدیم، امکان جداسازی گاز کلر را فراهم می‌سازد.

در حال حاضر با وجود مصرف بالای این غشا در داخل کشور در صنعت پتروشیمی و واحد کلر آلکالی، تامین آن از طریق واردات انجام می‌پذیرد و تهیه پلیمر نفیون و غشاهای آن در انحصار تعدادی شرکت به صورت محدود می‌باشد. از سوی دیگر نیاز صنایع مختلف به غشاهای نفیونی، سود قابل توجهی را برای شرکت‌های مربوطه به همراه داشته است. از این رو تولید این محصول در داخل کشور جهت جلوگیری از خروج ارز و رفع مشکلات واردات به دلیل موانع تحریمی، بسیار حائز اهمیت است.

هدف اصلی این کتاب کمک به مهندسین، پژوهشگران، طراحان و محققان برای استفاده بهینه از محصولات (یونومرهای فلورینه و پرفلورینه) و نحوه استفاده با بازدهی بالا در صنایع شیمیایی و سایر صنایع وابسته است. این کتاب به خواننده کمک خواهد کرد در مورد نحوه استفاده از ویژگی‌های منحصر به فرد فلوروپلیمرها در طراحی و ساخت تجهیزات در معرض محیط‌های بسیار شیمیایی بیاموزد. منابع زیادی برای مطالعه عمیق مباحث از جمله پلیمریزاسیون و علم فلوروپلیمرها وجود دارد ولی در این کتاب سعی بر این بوده است که از مهمترین مراجعی که دارای نکات بارزی هستند استفاده شود. این منابع به عنوان منابع مطالعه اضافی در پایان فصل‌ها ذکر شده‌اند.

برای حفظ طبان فارسی سعی شده تا آنچا که ممکن است از معادلات فارسی برای اصطلاحات و مفاهیم علمی استفاده شود. با توجه به این که این نخستین گام برای انتشار یافته‌های تخصصی در این خصوص است، مسلماً خالی از اشکال نبوده و حرف آخر در این باب بشمار نمی‌رود. از این رو از کلیه اساتید، کارشناسان، دانشجویان و ... که به مطالعه این کتاب می‌پردازند درخواست می‌شود که با ارائه نقطه نظرات سازنده خود ما را در هر چه غنی‌تر کردن محتوای این کتاب یاری فرمایند.

عزت الله جودکی  
E-Joudaki@araku.ac.ir  
تابستان ۱۴۰۰

## فهرست مطالب

۱	فصل ۱- مقدمه
۹	فصل ۲- سنتر یونومرهای فلورینه شده
۹	۱-۲ - مقدمه
۹	۲- یونومرهای پرفلورینه شده
۱۱	۳- سنتر مونومر
۱۵	۴- پلیمریزاسیون
۱۹	۵- ساخت
۲۵	۶- هیدرولیز و تبادل اسیدی
۲۶	۷- عملیات تکمیلی و تست
۲۸	۸- ترکیبات مایع
۳۱	۹- یونومرهای فلورینه شده با گروه‌های عاملی فسفونیک یا سولفونیل ایمید
۳۲	۱۰- یونومرهای ناچیز فلورینه شده
۳۵	۱۱- مواد کامپوزیتی از یونومرها و اکسیدهای معدنی
۳۸	۱۲- مواد کامپوزیتی یونومرها و یک ماتریس متخلخل
۴۰	۱۳- غشاها بازسازی شده
۴۳	فصل ۳- ساختار و خواص یونومرهای پرفلورینه و غشاها سولفونیک اسید پرفلورینه شده
۴۳	۱-۳ - مقدمه
۵۵	فصل ۴- ویژگی‌های یونومرهای فلورینه
۵۶	۱-۴ - ویژگی‌های پلیمرهای آغازگر
۵۹	۲-۴ - خصوصیات فرم یونی
۷۷	۳-۴ - مورفولوژی
۸۴	۴-۴ - ویژگی‌های انتقال

۸۵.....	۴-۵- خواص نوری .....
۸۶.....	۴-۶- خصوصیات حرارتی .....
۸۶.....	۴-۷- پایداری .....
۹۱ .....	فصل ۵- کاربردهای یونومرهای فلورئرینه شده .....
۹۱.....	۵-۱- الکتروولیز .....
۱۵۶.....	۵-۲- سنسورها و تجهیزات کنترلی .....
۱۶۲.....	۵-۳- دیالیز .....
۱۶۵.....	۵-۴- نفوذگاز و بخار .....
۱۶۹.....	۵-۵- لباس محافظ .....
۱۷۰ .....	۵-۶- کاتالیزور .....
۱۷۷.....	فصل ۶ - سل ها و باتری های سوخت .....
۱۷۷.....	۶-۱- مقدمه .....
۱۸۳.....	۶-۲- پارامترهای عملیاتی .....
۱۸۵.....	۶-۳- پایداری یونومر .....
۱۹۶.....	۶-۴- سل های سوختی متابولی مستقیم (DMFC) .....
۱۹۹.....	۶-۵- تولید MEA .....
۲۰۰ .....	۶-۶- جریان قابل شارژ از طریق باتری .....
۲۰۹.....	فصل ۷- انواع غشاهای تجاری .....
۲۰۹.....	۷-۱- فیلم های اسید سولفونیک پرفلورئرینه تقویت نشده .....
۲۱۷.....	فصل ۸- روش های تجربی .....
۲۱۷.....	۸-۱- طیف مادون قرمز .....
۲۲۱.....	۸-۲- هیدرولیز، هیدرولیز سطحی و رنگ آمیزی .....
۲۲۵.....	۸-۳- واکنش های دیگر پلیمر آغازگر .....
۲۲۷.....	۸-۴- تعادل در تبادل یونی .....
۲۳۲.....	۸-۵- تعیین وزن معادل توسط تیتراسیون یا آنالیز مادون قرمز .....
۲۳۳.....	۸-۶- اندازه گیری جریان مذاب (MF) .....
۲۳۵.....	۸-۷- تمایز پلیمر آغازگر از اشکال مختلف یونی .....
۲۳۷.....	۸-۸- تست فتنون برای پایداری اکسیداتیو .....

۲۳۸.....	۹-۸-بررسی غشایی .....
۲۳۹.....	۱۰-۸- تعیین میزان نفوذ .....
۲۴۱.....	۱۱-۸- اندازه گیری سرعت های تراویش تبخیری .....
۲۴۲.....	۱۲-۸- سلول های الکتروولیتی ساده .....
۲۴۵.....	فصل ۹ - آب بندی حرارتی و تعمیر .....
۲۴۷.....	فصل ۱۰ - حمل و نقل، ذخیره سازی، و نصب .....
۲۴۷.....	۱-۱۰- کار کردن با فیلم .....
۲۴۹.....	۲-۱۰- آماده سازی .....
۲۴۹.....	۳-۱۰- نصب .....
۲۵۰.....	۴-۱۰- آب بندی و واشر بندی .....
۲۵۳.....	فصل ۱۱- سم شناسی ، ایمنی و دفع .....
۲۵۳.....	۱-۱۱- سم شناسی .....
۲۵۳.....	۲-۱۱- ایمنی .....
۲۵۵.....	۳-۱۱- دفع ضایعات .....
۲۵۷.....	پیوست A: یک سیستم بازیابی اسید کرومیک .....
۲۵۹.....	پیوست B: سلول آزمایشگاهی کلر - آلکالی .....
۲۶۰.....	پیوست C : فیلم ریخته گری محلول نفیون .....
۲۶۲.....	غشاهای DUPONT™ NAFION®: - غشاهایی برای سل های سوختی .....
۲۶۴.....	واژه نامه ها .....