

شیمی آلاینده‌ها

مؤلفین:

دکتر مجتبی هادوی فر

(استادیار دانشگاه حکیم سبزواری)

مهندس راضیه فرهادی

چاپ دوم

۱۴۰۲

سرشناسه	هادوی فر، مجتبی، ۱۳۵۹ -
عنوان و نام پدیدآور	شیمی آلاینده‌ها؛ تألیف مجتبی هادوی فر و راضیه فرهادی.
مشخصات نشر	مشهد، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	۱۹۲ ص. مصور، جدول.
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۳۲۴-۴۰۸-۸
فروست	انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد ۵۵۸؛ علوم پایه ۹۳؛
موضوع ۱	شیمی - محیط زیست.
موضوع ۲	آلاینده‌ها.
شناسه افزوده	فرهادی، راضیه، ۱۳۶۶ -
رده‌بندی کنگره	۱۳۹۷؛ ۹ ش ۵۲ / TD۱۹۳
رده‌بندی دیویی	۶۲۸/۵۰۱



انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه، سازمان مرکزی جهاد دانشگاهی خراسان رضوی
 ص.پ. ۹۱۷۷۵-۱۳۷۶ تلفن: ۳۱۹۹۷۳۲۲ دفتر پخش: ۳۱۹۹۷۳۲۶
info@jdmpress.com www.jdmpress.com

شیمی آلاینده‌ها

تألیف: دکتر مجتبی هادوی فر، مهندس راضیه فرهادی

واژه پرداز هاشمی نجفی / چاپ و صحافی: من چاپ

چاپ دوم / زمستان ۱۴۰۲ / ۵۰ نسخه / شماره نشر ۵۵۸

ISBN: 978-964-324-408-8

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۳۲۴-۴۰۸-۸

کلیه حقوق نشر برای ناشر محفوظ است.

قیمت: ۱,۴۵۰,۰۰۰ ریال

به نام خداوند جان و خرد

کتاب بزرگترین دستاورد فرهنگی بشر است. دانش بشری وامدار هزاران هزار کتابی است که در طول تاریخ با رنج و تلاش فراوان گرد آمده‌اند. کتاب تداوم معرفت علمی انسان است که سرانجام به گسترش مرزهای دانش و بروز دگرگونی‌های تمدنی می‌انجامد. جهاد دانشگاهی مشهد بر این باور است که نخستین گام در راه بهبود ساختارهای اقتصادی- اجتماعی و توسعه کشور، دستیابی به تازه‌های دانش و نشر یافته‌های پژوهشگران است. کتاب حاضر پانصد و پنجاه و هشتمین اثری است که با همین رویکرد منتشر می‌شود. رهنمودهای خوانندگان فرهیخته می‌تواند ما را در ارتقای سطح کیفی و کمی این آثار یاری نماید.

انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

تقدیم به:

همسر مهربانم و فرزندم

که انتظار دیدنش زیباترین حس دنیاست.

فهرست مطالب

۱۱	پیشگفتار
۱۲	مقدمه
۱۳	۱. کلیات
۱۳	۱-۱ هوای غیر آلوده
۱۳	۱-۲ هوای آلوده
۱۳	۱-۳ انواع آلوده کننده های هوا- منابع
۱۵	۲. مونوکسیدکربن (CO)
۱۵	۲-۱ مونوکسیدکربن
۱۶	۲-۲ منابع
۱۶	۲-۲-۱ منابع انسان ساخت
۱۶	۲-۲-۲ منابع طبیعی
۱۸	۲-۳ ویژگی های مونوکسیدکربن در اتمسفر پایین
۱۸	.....
۱۸	۲-۴ الگوی روزانه غلظت مونوکسیدکربن
۱۸	۲-۵ الگوی فصلی
۱۸	۲-۶ عوامل آب و هواشناسی
۱۹	۲-۷ سطح پس زمینه و برآورد میانگین طول عمر مونوکسیدکربن در جو
۱۹	۲-۸ واکنش شیمیایی CO در جو
۲۱	۲-۹ سرنوشت مونوکسیدکربن در اتمسفر
۲۲	۲-۱۰ شیمی تشکیل CO
۲۳	۲-۱۱ اثرات مونوکسیدکربن روی انسان
۲۵	۲-۱۲ روش های کنترل مونوکسیدکربن
۲۵	۲-۱۲-۱ روش های قدیمی حذف CO
۲۶	۲-۱۲-۲ تکنولوژی های نوین حذف
۳۰	۲-۱۳ سنجش گاز مونوکسیدکربن
۳۱	۲-۱۳-۱ روش اکسیداسیون کاتالیکی
۳۱	۲-۱۳-۲ روش گاز کارماتوگرافی
۳۱	۲-۱۳-۳ روش NDIR
۳۲	۳. دی اکسید گوگرد (SO ₂)
۳۲	۳-۱ دی اکسید گوگرد
۳۳	۳-۲ منابع

۳۳	.....	۳-۲-۱ منابع انسان ساخت
۳۴	.....	۳-۲-۲ منابع طبیعی
۳۴	.....	۳-۳ عوامل آب‌وهواشناسی
۳۵	.....	۳-۴ میانگین طول عمر دی‌اکسیدگوگرد در جو
۳۵	.....	۳-۵ واکنش‌های شیمیایی SO ₂ در جو
۳۶	.....	۳-۶ سرنوشت SO ₂ در جو
۳۷	.....	۳-۷ شیمی تشکیل
۳۸	.....	۳-۸ اثرات دی‌اکسیدگوگرد
۳۸	.....	۳-۸-۱ اثرات دی‌اکسیدگوگرد روی انسان
۴۰	.....	۳-۸-۲ اثر دی‌اکسیدگوگرد روی گیاه
۴۱	.....	۳-۸-۳ اثرات دی‌اکسیدگوگرد روی اکوسیستم
۴۲	.....	۳-۸-۴ اثرات دیگر
۴۲	.....	۳-۹ روش‌های کنترل SO ₂
۴۲	.....	۳-۹-۱ حذف دی‌اکسیدگوگرد بعد از فرایند احتراق
۴۶	.....	۳-۹-۲ حذف دی‌اکسیدگوگرد قبل از فرایند احتراق
۴۸	.....	۳-۱۰ سنجش گاز دی‌اکسیدگوگرد
۴۸	.....	۳-۱۰-۱ روش فلوئورسانس اشعه ماوراء بنفش
۴۹	.....	۳-۱۰-۲ روش هدایت‌سنجی
۴۹	.....	۳-۱۰-۳ روش کولومتری
۵۰	.....	۳-۱۰-۴ شعله نورسنجی
۵۰	.....	۳-۱۱ گونه‌های گیاهی و درختی مقاوم و حساس به SO ₂
۵۰	.....	۳-۱۲ شیمی واکنش‌های SO ₂ در اتمسفر
۵۲	.....	۴. اکسیدهای ازت (NO _x)
۵۲	.....	۴-۱ دی‌اکسیدنیتروژن
۵۴	.....	۴-۲ منابع انتشار
۵۴	.....	۴-۲-۱ منابع طبیعی
۵۴	.....	۴-۲-۲ منابع صنعتی (منابع انسان ساخت)
۵۶	.....	۴-۳ الگوی روزانه غلظت دی‌اکسیدنیتروژن
۵۷	.....	۴-۴ الگوی فصلی
۵۷	.....	۴-۵ عوامل آب‌وهواشناسی
۵۷	.....	۴-۶ طول عمر NO ₂ در جو
۵۷	.....	۴-۷ واکنش‌های شیمیایی NO ₂ در جو
۵۸	.....	۴-۸ سرنوشت دی‌اکسیدنیتروژن در اتمسفر
۵۸	.....	۴-۹ شیمی تشکیل NO _x
۶۲	.....	۴-۱۰ شیمی تشکیل مه‌دود فتوشیمیایی در هوای شهری
۶۴	.....	۴-۱۱ اثرات دی‌اکسیدنیتروژن
۶۴	.....	۴-۱۱-۱ اثرات دی‌اکسیدنیتروژن روی انسان
۶۵	.....	۴-۱۱-۲ اثرات دی‌اکسیدنیتروژن روی گیاهان
۶۶	.....	۴-۱۱-۳ اثرات دیگر دی‌اکسیدنیتروژن
۶۶	.....	۴-۱۲ روش‌های کنترل NO _x

۶۹	۴-۱۲-۱ اصلاح‌سازی احتراق
۷۶	۴-۱۲-۲ تصفیه گاز دودکش
۸۲	۴-۱۲-۳ کنترل NO _x با احتراق بسترسیال
۸۳	۴-۱۳ سنجش گاز دی‌اکسیدنیترژن
۸۳	۴-۱۳-۱ کمیلومینسانس
۸۳	۴-۱۳-۲ آنالایزر اکسیدهای نیترژن
۸۴	۴-۱۳-۳ سیستم طیف‌سنجی جذب نوری
۸۵	۴-۱۳-۴ جذب با استفاده از معرف سالتزمن
۸۷	۴-۱۳-۵ گاز کارماتوگرافی
۸۸	۵. اُزن (O ₃)
۸۸	۵-۱ اُزن
۸۹	۵-۲ اُزن به‌عنوان یک گاز گلخانه‌ای
۹۱	۵-۵ اُزن در اتمسفر
۹۲	۵-۶ استانداردهای غلظت اُزن
۹۲	۵-۷ تغییرات روزانه اُزن
۹۳	۵-۸ تنوع فصلی اُزن
۹۳	۵-۹ عوامل آب‌وهواشناسی
۹۳	۵-۱۰ طول عمر اُزن
۹۳	۵-۱۱ شیمی تشکیل اُزن
۹۴	۵-۱۲ تولید و تخریب اُزن
۹۵	۵-۱۳ مواد مؤثر در تخریب اُزن
۹۵	۵-۱۳-۱ کلروفلئوروکربن
۱۰۰	۵-۱۴ اثرات تخلیه اُزن
۱۰۰	۵-۱۴-۱ اثرات سلامتی
۱۰۱	۵-۱۴-۲ اثرات روی گیاهان
۱۰۲	۵-۱۴-۳ اثرات روی اکوسیستم آبی
۱۰۲	۵-۱۴-۴ اثرات روی چرخه بیوژئوشیمیایی
۱۰۲	۵-۱۴-۵ اثرات روی کیفیت هوا
۱۰۲	۵-۱۴-۶ اثرات روی مواد
۱۰۳	۵-۱۴-۷ اثرات روی تغییرات آب‌وهوایی
۱۰۳	۵-۱۴-۸ اثرات روی اشعه ماوراء بنفش
۱۰۴	۵-۱۵ فعالیت‌های بین‌المللی
۱۰۵	۵-۱۶ مقررات کاهش انتشار پیش‌سازها
۱۰۶	۵-۱۷ روش‌های کاهش غلظت اُزن
۱۰۶	۵-۱۸ سنجش اُزن
۱۰۶	۵-۱۸-۱ طیف‌سنج اسپکتوفتومتر
۱۰۸	۵-۱۸-۲ کمیلومینسانس
۱۰۸	۵-۱۹ مشخصات و کاردها
۱۱۱	۶. ذرات معلق (PM)
۱۱۱	۶-۱ ذرات معلق

۱۱۲.....	۶-۲ ترکیب ذرات معلق
۱۱۳.....	۶-۳ اندازه ذرات
۱۱۴.....	۶-۴ منابع ذرات معلق
۱۱۵.....	۶-۵ الگوی روزانه ذرات معلق
۱۱۵.....	۶-۶ الگوی فصلی ذرات معلق
۱۱۵.....	۶-۷ عوامل آب‌وهواشناسی
۱۱۵.....	۶-۸ نقش گونه‌های مختلف آئروسول‌ها
۱۱۵.....	۶-۸-۱ آئروسول سولفات
۱۱۶.....	۶-۸-۲ کربن سیاه
۱۱۶.....	۶-۹ اثرات ذرات معلق
۱۱۶.....	۶-۹-۱ اثرات سلامتی
۱۱۷.....	۶-۹-۲ اثرات روی گیاهان
۱۱۷.....	۶-۹-۳ اثرات ذرات معلق بر روی بینایی
۱۱۷.....	۶-۹-۴ اثرات آب‌وهوایی
۱۱۸.....	۶-۱۰ قوانین
۱۱۹.....	۶-۱۱ تکنولوژی‌های کنترل
۱۲۰.....	۷. ترکیبات آلی فرار (VOCs) و هیدروکربن‌ها
۱۲۰.....	۷-۱ ترکیبات آلی فرار
۱۲۰.....	۷-۲ منابع ترکیبات آلی فرار
۱۲۱.....	۷-۳ اثرات سلامتی
۱۲۲.....	۷-۴ گام‌هایی برای کاهش مواجهه
۱۲۳.....	۷-۵ هیدروکربن‌ها
۱۲۳.....	۷-۶ تعریف هیدروکربن‌ها
۱۲۴.....	۷-۷ انواع هیدروکربن‌ها
۱۲۴.....	۷-۷-۱ هیدروکربن‌های آلیفاتیک
۱۲۶.....	۷-۷-۲ هیدروکربن‌های آروماتیک
۱۲۶.....	۷-۸ واکنش‌های اتمسفری هیدروکربن‌ها
۱۲۶.....	۷-۸-۱ اکسیداسیون اتمسفری متان
۱۲۸.....	۷-۸-۲ واکنش‌های اتمسفری آلکن‌ها
۱۳۱.....	۷-۸-۳ واکنش‌های اتمسفری هیدروکربن‌های آروماتیک
۱۳۲.....	۷-۸-۴ واکنش‌های الدئیدها
۱۳۳.....	۷-۸-۵ کتون‌ها
۱۳۳.....	۷-۹ منابع تولید و انتشار
۱۳۴.....	۷-۱۰ تکنولوژی کنترل هیدروکربن‌ها
۱۳۵.....	۸. فلزات سنگین
۱۳۵.....	۸-۱ فلزات سنگین
۱۳۸.....	۸-۲ آرسنیک
۱۴۰.....	۸-۲-۱ تولید آرسنیک
۱۴۰.....	۸-۲-۲ کاربرد آرسنیک
۱۴۱.....	۸-۲-۴ پتانسیل مواجهه انسانی با آرسنیک

- ۱۴۲..... ۸-۲-۵ مکانیسم سمیت و سرطانزایی آرسنیک
- ۱۴۳..... ۸-۲-۶ طول عمر آرسنیک
- ۱۴۳..... ۸-۲-۷ راه‌های جذب آرسنیک
- ۱۴۳..... ۸-۲-۸ تأثیر آرسنیک بر انسان
- ۱۴۴..... ۸-۳ کادمیوم
- ۱۴۶..... ۸-۳-۱ رخدادهای زیست‌محیطی، تولیدات صنعتی و استفاده از کادمیوم
- ۱۴۶..... ۸-۳-۲ پتانسیل مواجهه با کادمیوم
- ۱۴۷..... ۸-۳-۳ مکانیسم سمیت و سرطانزایی کادمیوم
- ۱۴۸..... ۸-۳-۴ منابع تولید کادمیوم
- ۱۴۸..... ۸-۳-۵ مسیرهای جذب کادمیوم
- ۱۴۹..... ۸-۳-۶ طول عمر کادمیوم
- ۱۴۹..... ۸-۳-۷ بیماری‌های ناشی از کادمیوم
- ۱۵۰..... ۸-۴ کروم
- ۱۵۲..... ۸-۴-۱ رخدادهای محیطی، تولیدات صنعتی و استفاده از کروم
- ۱۵۲..... ۸-۴-۲ پتانسیل مواجهه با کروم
- ۱۵۴..... ۸-۴-۳ مکانیسم سمیت و سرطانزایی
- ۱۵۴..... ۸-۴-۴ کاربرد کروم
- ۱۵۵..... ۸-۴-۵ مسیرهای جذب کروم
- ۱۵۶..... ۸-۵ سرب
- ۱۵۷..... ۸-۵-۱ رخدادهای زیست‌محیطی، تولیدات صنعتی و استفاده از سرب
- ۱۵۸..... ۸-۵-۲ پتانسیل مواجهه انسانی با سرب
- ۱۵۹..... ۸-۵-۳ مکانیسم‌های سمیت و سرطانزایی با سرب
- ۱۶۰..... ۸-۵-۴ منابع تولید سرب
- ۱۶۱..... ۸-۵-۵ موارد مهم استفاده از سرب
- ۱۶۱..... ۸-۵-۶ کاربردهای سرب
- ۱۶۲..... ۸-۵-۷ مسیرهای جذب سرب
- ۱۶۲..... ۸-۵-۸ طول عمر سرب
- ۱۶۲..... ۸-۵-۹ بیماری‌های ناشی از سرب
- ۱۶۳..... ۸-۶ جیوه
- ۱۶۵..... ۸-۶-۱ رخدادهای زیست‌محیطی، تولیدات صنعتی و استفاده از جیوه
- ۱۶۵..... ۸-۶-۲ پتانسیل مواجهه انسانی با جیوه
- ۱۶۶..... ۸-۶-۳ مکانیسم‌های سمیت و سرطانزایی با جیوه
- ۱۶۷..... ۸-۶-۴ منابع تولید جیوه
- ۱۶۸..... ۸-۶-۵ کاربردهای جیوه
- ۱۶۸..... ۸-۶-۶ تأثیر جیوه بر سلامتی
- ۱۶۹..... ۸-۶-۷ نشانه‌های تماس با جیوه
- ۱۷۰..... ۸-۶-۸ افراد در معرض خطر
- ۱۷۰..... ۸-۶-۹ مسیرهای جذب جیوه
- ۱۷۱..... ۹. آلودگی‌های رادیواکتیو
- ۱۷۱..... ۹-۱ مواد رادیواکتیو

۱۷۲	۹-۲ عوامل رادیواکتیو.....
۱۷۲	۹-۲-۱ رادیوم و رادون
۱۷۲	۹-۲-۲ اورانیوم
۱۷۳	۹-۲-۳ ید و استرانسیوم
۱۷۳	۹-۲-۴ آمریکیم و پلوتونیوم
۱۷۴	۹-۲-۵ سزیم
۱۷۴	۹-۲-۶ کبالت
۱۷۴	۹-۲-۷ پلوتونیوم
۱۷۵	۹-۲-۸ تریتیوم و راکتورهای هسته‌ای
۱۷۶	۹-۳ اثرات مواد رادیواکتیو
۱۷۶	۹-۴ راه‌های جذب مواد رادیواکتیو
۱۷۶	۹-۵ حوادث رادیواکتیو در جهان
۱۷۶	۹-۵-۱ رآکتورهای تری‌مایل‌آیلند
۱۷۶	۹-۵-۲ حادثه اتمی چرنوبیل
۱۷۷	۹-۵-۳ حادثه‌های اتمی فوکوشیما
۱۷۸	منابع

پیشگفتار

امروزه با توجه به هجومه وسیع انسان و تسلط او بر طبیعت، بیش از پیش کنترل و کاهش اثرات مخرب بر طبیعت احساس می‌گردد. آب و خاک و هوا موهبت‌هایی الهی‌اند که آلوده ساختن آنها بی‌شک گناهی نابخشودنی و اثر منفی بی‌توجهی به مسائل محیط زیستی، بر نسل بشر و دیگر موجودات جبران‌نشدنی است. در دهه اخیر، انجمن‌ها و سمن‌های محیط زیستی گام‌های مؤثری در فرهنگ‌سازی حفاظت محیط زیست برداشته و چشم‌اندازهای امیدبخشی پیش روی افراد نگران محیط زیست گذاشته‌اند. اصل وحدت زیست‌محیطی بیان می‌کند که بعید است انسان در طبیعت بتواند فقط یک کار انجام دهد. یعنی هر عمل منفرد، آغازی برای اتفاقات سلسله‌وار چندین عمل‌گاه مخرب محیط زیستی است. ساختن چندین سد بر روی رودخانه‌های منتهی به دریاچه ارومیه اثرات بلندمدت و کوتاه‌مدتی را ایجاد کرده است که بعید است بسیاری از این اثرات قابل جبران باشد. مصرف سالانه کودهای شیمیایی (ده‌برابر میانگین جهانی) و سموم کشاورزی (چهاربرابر میانگین جهانی) باعث کاهش کیفیت طبیعی آب و خاک در ایران شده و در نهایت، نسل بشر را در معرض تهدید قرار خواهد داد. مصرف بنزین در کشور به مقدار بیش از ۸۰ میلیون لیتر در روز نگرانی عمده‌ای را در بحث آلودگی هوا ایجاد کرده است. یک تحقیق نشان داده است که در سال ۲۰۱۶ حدود شش میلیون نفر از مردم جهان در اثر آلودگی هوا از بین رفته‌اند. مواد آلاینده صرف‌نظر از منشأ تولید و مصرف بر اثر نیروهای باد و آب در تمامی کره مسکون انتشار می‌یابد و تا زمان تجزیه کامل و خروج از اتمسفر تأثیرات بهداشتی را بر موجودات زنده از جمله انسان خواهند داشت. مجموعه حاضر با توجه به نیاز دانشجویان و پژوهشگران علاقه‌مند به محیط‌زیست در رابطه با پاره‌ای از مهم‌ترین عناصر و ترکیبات آلاینده با توجه به شیمی تشکیل و روش‌های حذف آنها تهیه و تدوین شده است. با این امید که بتواند تلاشی مؤثر در زمینه افزایش آگاهی و دانش ما نسبت به آلاینده‌ها و اتفاقات روزمره در حال وقوع پیرامون ما باشد.

مقدمه

محیط فیزیکی اطراف ما در حالت طبیعی ترکیب خاص خود را دارد. هرگونه فعالیتی که ترکیب طبیعی آن را تغییر دهد آلودگی به حساب می‌آید. این تغییر می‌تواند افزایش یک گاز طبیعی مانند CO_2 در اتمسفر و یا کاهش گاز O_2 در محیط (مانند محیط آبی) باشد. زمین، طبق نظریه گایا فعالانه و آگاهانه کنترل خود را در دست دارد. ولی گویا انسان قرن حاضر در این زمینه فعالانه‌تر و آگاهانه‌تر عمل می‌کند! و عرصه را بر زمین تنگ کرده است. ترکیب طبیعی مواد در آب و خاک و هوا محصول واکنش‌های پیچیده‌ای است که مکانسیم تعداد اندکی از آنها برای ما شناخته شده است و تعدادی از این مکانسیم‌های شناخته شده شاید به صورت حدس و گمان و احتمال باشد. به هر صورت، این مکانسیم‌ها نسبت به فعالیت‌های انسان‌ها بسیار حساس هستند. به صورت طبیعی، تشکیل اُزن در عرض‌های جغرافیایی پایین در استراتوسفر اتفاق می‌افتد و اُزن تشکیل شده توسط بادهای استراتوسفری به قطبین زمین انتقال پیدا می‌کند. حتی ارتفاع لایه اُزن محصول نظمی است که در طبیعت حاکم است. با افزایش هالوژن‌ها در اتمسفر، تمام این واکنش‌ها نظم خود را از دست داده و باعث گردیده امروزه با مشکلات عدیده‌ای در طبیعت روبه‌رو باشیم. شاید قرن‌ها طول بکشد که لایه اُزن حالت اولیه خود را پیدا کند. در این کتاب سعی کرده‌ایم اتفاقات طبیعت را از دیدگاه فرایندهای شیمیایی آنها بررسی کنیم. پی‌بردن به پیچیدگی این فرایندها شاید ما را وادار به درک این مسأله کند که طبیعت پیرامون ما چقدر می‌تواند حساس و آسیب‌پذیر باشد و بنابراین بیشتر به فکر حفاظت از آن باشیم.