

# آلودگی هوا و شیمی جو

تألیف: دکتر کمال امیدوار  
عضو هیأت علمی دانشگاه یزد

1397

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه.....	1
فصل اول: سیر تکوین و ساختار هوا سپهر (جوّ زمین).....	7
1-1- ترکیب و تکامل هوا سپهر.....	7
2-1- اجزاء و تغییرات ترکیب هواسپهر و شیمی جوّ.....	8
3-1- ساختار و لایه‌های هواسپهر.....	18
1-3-1- لایه تروپوسفر (وَرْدُ سپهر) و پدیده وارونگی.....	19
2-3-1- لایه استراتوسفر.....	27
1-2-3-1- واکنش‌های مختلف فتوشیمیایی لایه ازن.....	28
3-3-1- لایه مزوسفر.....	35
4-3-1- لایه ترموسفر.....	37
5-3-1- لایه یونوسفر و پدیده یونیزاسیون.....	37
6-3-1- لایه اگزوسفر.....	39
7-3-1- ماگنتوسفر.....	40
فصل دوم: دیباچه‌ای بر مفاهیم اصلی آلودگی هوا و منابع تولید آن‌ها.....	41
1-2- اهمیت آلودگی هوا.....	41
2-2- تعریف‌های آلودگی هوا.....	42
3-2- هوای آلوده.....	45
4-2- انواع آلاینده‌های مهم.....	45
5-2- واحدهای سنجش آلاینده‌های هوا.....	45
6-2- طبقه‌بندی آلاینده‌های هوا و منابع آن‌ها.....	46
1-6-2- طبقه‌بندی آلاینده‌های هوا براساس ماهیت آن‌ها.....	46
2-6-2- طبقه‌بندی آلاینده‌ها براساس منبع.....	48
3-6-2- طبقه‌بندی آلاینده‌ها براساس خاستگاه.....	52
4-6-2- طبقه‌بندی آلاینده‌ها براساس ترکیب شیمیایی.....	53

54	5-6-2 طبقه‌بندی آلاینده‌ها براساس حالت فیزیکی
54	6-6-2 طبقه‌بندی آلاینده‌ها براساس اثرات فیزیولوژیک
55	7-6-2 طبقه‌بندی آلاینده‌ها براساس روش نشر
57	7-2 طبقه‌بندی دیگر آلاینده‌های هوا
58	1-7-2 آلاینده‌های طبیعی
58	2-7-2 هواویزه‌ها (آئروسول‌ها)
61	3-7-2 گازهای آلوده‌کننده‌های هوا
69	8-2 گازها و ذرات طبیعی تشکیل‌دهنده هوا
69	1-8-2 منابع زیستی
72	2-8-2 منابع ژئوشیمیایی
73	1-2-8-2 چرخه‌های ژئوشیمیایی
75	1-1-2-8-2 چرخه کربن
78	2-1-2-8-2 چرخه ازت
83	3-1-2-8-2 چرخه آب
87	3-8-2 منابع جوی
88	9-2 معرفی آلاینده‌های اصلی هوا در ارتباط با شیمی جو
88	1-9-2 کربن مونواکسید
99	2-9-2 ذرات معلق
107	3-9-2 اکسیدهای نیتروژن
109	4-9-2 اکسیدهای گوگرد
113	5-9-2 هیدروکربن‌ها
114	6-9-2 اکسیدکننده‌های فتوشیمیایی
116	7-9-2 اُزن
118	8-9-2 اکسیدهای سرب
120	9-9-2 سیلیس
120	10-9-2 آزبست
121	11-9-2 مواد رادیواکتیو
122	12-9-2 آلاینده‌های بیولوژیک هوا
125	فصل سوم: هواشناسی آلودگی هوا
125	1-3 اهمیت مطالعه آلودگی هوا

2-3	معرفی آلاینده‌های دارای پتانسیل آلودگی هوا	127
3-3	صورت‌های مختلف آلودگی و ترکیبات شیمیایی ایجادکننده آلاینده‌های ثانویه	
	هوا	129
4-3	منابع آلودگی هوا در شهرها	131
5-3	معرفی آلاینده‌های مهم موتورهای بنزینی	132
6-3	هواشناسی آلودگی هوا	134
1-6-3	آلودگی هوا و انرژی خورشیدی	135
2-6-3	آلودگی هوا و شرایط پایداری	135
3-6-3	آلودگی هوا و سامانه‌های فشار در جو	136
4-6-3	پیشنهادات و روش کنترل آلودگی هوا	139
7-3	معرفی چند نمونه فعالیت پژوهشی در ارتباط با اثرات آلودگی هوا در	
	شهرهای ایران	142
8-3	پارامترهای هواشناسی مؤثر بر آلودگی هوا	150
9-3	پدیده وارونگی دما	150
1-9-3	ارتباط آلودگی هوا با انواع وارونگی دما	152
10-3	فشار و آلودگی هوا	154
11-3	باد و آلودگی هوا	156
12-3	بارش و آلودگی هوا	158
13-3	نقش رطوبت در آلودگی هوا	159
<b>فصل چهارم: آلودگی هوا و شهرها</b>		
1-4	تأثیر توپوگرافی بر آلودگی هوای شهرها	161
1-1-4	نسیم دریا و خشکی	161
2-1-4	نسیم کوه و دره	163
3-1-4	موقعیت ساختمان‌ها	165
2-4	تأثیر پایداری هوای دره بر آلودگی هوای شهرها	167
3-4	رفتار دود و آلودگی هوای شهرها	168
4-4	نقش پدیده‌های طبیعی در آلودگی هوای شهرها	173
5-4	فضای سبز شهری و آلودگی هوا	174
6-4	نحوه پخش آلاینده‌ها و ورود آن‌ها به جو شهرها	181

## فصل پنجم: شیمی آلودگی هوا (شیمی لایهٔ ازن، آلودگی‌های

- 185 ..... فتوشیمیایی و احتراق سوخت‌ها).....
- 185 ..... 1-5-1 مقدمه
- 185 ..... 2-5-2 شیمی لایهٔ ازن
- 185 ..... 1-2-5-1 غلظت ازن در جو
- 187 ..... 2-2-5-2 تخریب لایهٔ ازن
- 189 ..... 3-2-5-3 شیمی تشکیل و تخریب لایهٔ ازن
- 190 ..... 4-2-5-4 مواد شیمیایی تخریب‌کننده لایهٔ ازن

## 5-2-5

### مخاطرات

- 191 ..... زیست محیطی و بهداشتی و تخریب لایهٔ ازن
- 192 ..... 6-2-5-6 تغییر آب و هوا و غلظت گاز ازن و آلودگی آن
- 195 ..... 7-2-5-7 مصرف‌های کلی ترکیبات CFC در صنعت
- 196 ..... 3-5-3 آلودگی فتوشیمیایی هوا
- 198 ..... 4-5-4 احتراق سوخت‌ها

## فصل ششم: اثرهای مهم آلودگی هوا

- 203 ..... 1-6-1 بارش اسیدی، ترکیب شیمیایی و اثرهای آن
- 203 ..... 1-1-6-1 مقدمه
- 206 ..... 2-1-6-2 تشکیل بارش اسیدی و ترکیب شیمیایی آن‌ها
- 214 ..... 3-1-6-3 اثرهای بارش‌های اسیدی
- 214 ..... 1-3-1-6-1 اثر بارش‌های اسیدی بر گیاهان، حیوانات و خاک
- 216 ..... 2-3-1-6-2 اثر بارش‌های اسیدی بر آب‌های سطحی
- 218 ..... 3-3-1-6-3 اثر بارش‌های اسیدی بر انسان
- 219 ..... 4-3-1-6-4 اثر بارش‌های اسیدی بر ساختمان‌ها
- 220 ..... 5-3-1-6-5 اثر بارش‌های اسیدی بر کیفیت هوا
- 220 ..... 4-1-6-4 کنترل بارش‌های اسیدی
- 221 ..... 2-6-2 گازهای گلخانه‌ای و اثرهای آن
- 221 ..... 1-2-6-1 مقدمه و تعریف اثر گلخانه‌ای
- 225 ..... 2-2-6-2 گازهای گلخانه‌ای مهم

225	..... 1-2-2-6 کربن دی اکسید
227	..... 2-2-2-6 متان
228	..... 3-2-2-6 نیترواکسید
229	..... 4-2-2-6 هالوکربن‌ها
229	..... 5-2-2-6 بخار آب
230	..... 6-2-2-6 هواویزه‌ها (آئروسول‌ها)
230	..... 7-2-2-6 اُزن
231	..... 3-2-6 اثرهای زیست‌محیطی گازهای گلخانه‌ای
236	..... 3-6 گرمایش جهانی و اثرهای آن
239	..... 1-3-6 اثرهای مهم گرمایش جهانی
239	..... 1-1-3-6 بالا آمدن سطح دریاها و اقیانوس‌ها
240	..... 2-1-3-6 محدودیت آب شیرین
240	..... 3-1-3-6 افزایش تعداد و قدرت توفان‌ها و گردبادهای دریایی
240	..... 4-1-3-6 اثر بر تنوع زیستی
241	..... 5-1-3-6 اثر بر جنگل‌ها
241	..... 6-1-3-6 اثر بر تغییر رطوبت خاک
242	..... 7-1-3-6 اثرهای دیگر تغییر وضعیت آب و هوا
242	..... 4-6 تخریب لایه اُزن و ترکیب شیمیایی آن
243	..... 1-4-6 ترکیبات کاهش‌دهنده لایه اُزن
245	..... 2-4-6 موارد مهم کاربرد ترکیبات کلروفلوئور کربن و هالوژن‌ها
245	..... 3-4-6 راه‌های انتشار کلروفلوئور کربن
246	..... 4-4-6 تأثیر کلروفلوئور کربن‌ها بر گرم شدن زمین و تخریب لایه اُزن
247	..... 5-4-6 گرداب‌ها و ابرهای قطبی استراتوسفری
249	..... 6-4-6 کاهش اُزن قطب شمال و جنوب
250	..... 7-4-6 کاهش اُزن در استوا و در عرض‌های جغرافیایی میانه
251	..... 8-4-6 اثرهای بهداشتی کاهش لایه اُزن
251	..... 9-4-6 اثرهای زیست‌محیطی لایه اُزن
252	..... 10-4-6 اُزن مفید یا خوب و اُزن مضر
253	..... 11-4-6 اثرات محیطی اُزن سطحی
253	..... 5-6 اثرهای تغییرات اُزن و آلودگی هوای ناشی از افزایش اُزن در مناطق شهری
253	..... 1-5-6 مقدمه

255	6-5-2 اثرهای زیست‌محیطی ناشی از افزایش غلظت اُزن سطحی در نواحی شهری
256	6-5-3 تغییرات میزان اُزن سطحی در شهرها
257	6-5-4 تحلیل سلامتی انسان درارتباط با تراکم اُزن شهری
258	6-5-5 ارتباط الگوهای گردشی جو با تغییرات اُزن کلی شهری
261	6-5-6 آلودگی هوای ناشی از افزایش اُزن شهری
265	6-6 اثرهای زیست‌محیطی آلودگی هوا
266	6-6-1 اثرهای آلودگی هوا بر سلامت انسان
269	6-6-2 تأثیر آلودگی هوا بر کودکان
270	6-6-3 تأثیر آلودگی هوا بر جنین
271	6-6-4 اثرهای آلودگی هوا بر سایر جانداران
272	6-6-5 اثرهای آلودگی هوا بر آثار تاریخی و اقتصاد
273	6-6-6 اثرهای آلودگی هوا بر آب و خاک

## فصل هفتم: آلودگی هوا و خودروها

275	7-1 مقدمه
276	7-2 فرایند احتراق در خودروها
277	7-3 انواع آلاینده‌های خروجی از اگزوز
281	7-4 آلودگی هوای ناشی از خودروها
282	7-4-1 انواع خودروها براساس موتور احتراق
284	7-4-2 چند نکته در مورد استفاده بهینه از خودروها
285	7-5 سیکل رانندگی و آلودگی هوا
287	7-6 سوخت خودروها و آلودگی هوا
290	7-6-1 جنبه‌های زیست‌محیطی سوخت خودروها
291	7-6-2 سوخت‌های پاک
293	7-7 راهکارهای لازم درخصوص خودروها و کاهش آلودگی آن

## فصل هشتم: معرفی شاخص‌ها و استانداردهای آلودگی هوا

295	8-1 استانداردهای آلودگی هوا
296	8-2 شاخص‌های کیفیت هوا
304	8-3 گروه‌بندی انواع آلاینده‌های اندازه‌گیری شده هوا
309	8-4 استاندارد انتشار و فاکتور انتشار

- 311 ..... 5-8 کاربرد شاخص‌های کیفیت هوا و استانداردهای آلاینده
- 311 ..... 6-8 طبقه‌بندی شاخص‌های کیفیت هوا براساس زمان
- 312 ..... 7-8 آلاینده‌های معیار هوا و معیارهای شاخص استاندارد

- 313 پیوست 1- قانون هوای پاک مصوبه 25 تیرماه 1396 مجلس شورای اسلامی
- 330 ..... 2- دانشواژه‌ها
- 337 ..... کتابنامه
- 343 ..... نمایه‌های موضوعی