

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

شیمی عمومی



دکتر الهه گوهرشادی
استاد دانشگاه فردوسی مشهد
گلنوش احمدی

سیرشناسه:	گوهرشادی، الهه، - ۱۳۴۲
عنوان و نام پدیدآور:	شیمی عمومی / الهه گوهرشادی، گلنوش اخلمدی؛ ویراستار علمی فاطمه موسوی بایگی؛ ویراستار ادبی هانیه اسدپور فعال مشهد.
مشخصات نشر:	مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات، ۱۳۹۸
مشخصات ظاهری:	۳۶۰ ص. مقوّر، جدول، نمودار،
فروش:	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۷۴۴
شابک:	
وضعیت فهرستنويسي:	فیپا.
یادداشت:	واژه‌نامه، نمایه.
موضوع:	شیمی عمومی
موضوع:	شیمی -- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع:	شیمی -- مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی)
شناسه افزوده:	اخلمدی، گلنوش، - ۱۳۶۴
شناسه افزوده:	موسوی بایگی، فاطمه، - ۱۳۵۷ - ویراستار.
شناسه افزوده:	دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات.
رده‌بندی کنگره:	QD۴۲
رده‌بندی دیوبی:	۴۰/۷۶
شماره کتابشناسی ملی:	۶۰۳۵۵۸۵

General Chemistry

Chemistry -- study and teaching (Higher)

Chemistry -- Problems, Exercises, etc (Higher)

شیمی عمومی



انتشارات
۷۴۴

پدیدآورندگان: دکتر الهه گوهرشادی؛ گلنوش اخلمدی
ویراستار علمی: دکتر فاطمه موسوی بایگی
ویراستار ادبی: هانیه اسدپور فعال مشهد
مشخصات: وزیری، ۲۰۰ نسخه، چاپ دوم، زمستان ۱۴۰۱ (اول، ۱۳۹۸)
چاپ و صحافی: چاپخانه دقت
بهای: ۱,۸۰۰,۰۰۰
حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، جنب سلف یاس
تلفن: ۰۵۱ (۳۸۸۳۳۷۲۷ - ۳۸۸۰۲۶۶۶)

مؤسسه کتابیران: تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، بین روانمهر و وحید نظری، بن بست
گشتاب، پلاک ۸ تلفن: ۰۲۱ (۶۶۴۸۴۷۱۵)

مؤسسه دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نیش خیابان نظری، شماره ۱۴۲
تلفکس: ۰۲۱ (۶۶۴۰۰۱۴۴ - ۶۶۴۰۰۲۰)

فهرست مطالب

۱۴	پیشگفتار
۱۵	فصل ۱. فلسفه علم شیمی
۱۵	۱-۱ علم و فلسفه علم
۱۶	۲-۱ انقلاب علمی
۱۷	۳-۱ فلسفه شیمی
۱۸	۴-۱ روش علمی
۱۹	۵-۱ علم و فناوری
۱۹	منابع
۲۱	فصل ۲. کمیت‌های بنیادی
۲۱	۱-۲ تعریف علمی شیمی
۲۲	۲-۲ تاریخچه مختصر شیمی
۲۲	۳-۲ تاریخچه مختصر اتم
۲۳	۴-۲ طبقه‌بندی شیمی
۲۳	۵-۲ شاخه‌های شیمی
۲۴	۶-۲ برخی از کاربردهای شیمی
۲۷	۷-۲ سیستم‌های اندازه‌گیری
۲۸	۸-۲ کمیت‌های بنیادی
۲۹	۱-۸-۲ پیشوندها در سیستم SI
۳۰	۲-۸-۲ نماد علمی
۳۲	منابع
۳۳	تمرین‌ها

فصل ۳. ساختار اتمی
۳۵	۱-۳ مقدمه
۳۵	۲-۳ موارد نقض فیزیک کلاسیک
۳۵	۱-۲-۳ اثر فوتالکتریک
۳۶	۱-۱-۲-۳ مشاهدات
۳۶	۲-۱-۲-۳ دیدگاه فیزیک کلاسیک
۳۷	۳-۱-۲-۳ دیدگاه فیزیک کوانتوم
۳۷	۴-۱-۲-۳ زبان ریاضی
۴۱	۵-۱-۲-۳ برخی از کاربردها
۴۲	۲-۲-۳ تابش جسم سیاه
۴۲	۱-۲-۲-۳ مشاهدات تجربی
۴۴	۲-۲-۲-۳ توجیه فیزیک کلاسیک
۴۵	۳-۲-۲-۳ توجیه فیزیک کوانتوم
۴۶	۴-۲-۲-۳ کاربردها
۴۶	۳-۲-۳ طیف خطی عناصر
۴۸	۱-۳-۲-۳ توجیه فیزیک کلاسیک
۴۸	۲-۳-۲-۳ دیدگاه فیزیک کوانتوم
۴۸	۳-۳-۲-۳ کاربردها
۴۹	۴-۳-۲-۳ طیف نشری اتم هیدروژن
۵۱	۳-۳ دوگانگی موجی ذرهای
۵۲	۴-۳ فرضیه دبراگلی
۵۳	۵-۳ اصل عدم قطعیت هایزنبرگ
۵۴	۶-۳ معادله شرودینگر
۵۵	۷-۳ ذره در جمعهایک بعدی
۵۵	۱-۷-۳ زبان ریاضی
۵۷	۲-۷-۳ خواص
۵۹	۳-۷-۳ تعمیم به سه بعد
۶۱	۴-۸-۳ اتم هیدروژن
۶۲	۱-۸-۳ اعداد کوانتومی
۶۲	۲-۸-۳ عدد کوانتومی اصلی

۶۲	۳-۸-۳ عدد کوانتمی اربیتالی
۶۳	۴-۸-۳ عدد کوانتمی مغناطیسی
۶۴	۵-۸-۳ عدد کوانتمی اسپین
۶۴	۶-۸-۳ برخی از مشخصات حل اتم هیدروژن
۶۶	۷-۸-۳ چگالی احتمال
۶۶	۸-۸-۳ تابع توزیع شعاعی
۶۷	۹-۳ اتم‌هایی با بیش از یک الکترون
۶۷	۹-۳ آرایش الکترون
۶۹	۲-۹-۳ جدول تناوبی
۶۹	۹-۳ ۱-۲-۹-۳ خصوصیات
۷۰	۱۰-۳ سنجش تمایل جذب الکترون
۷۰	۱۰-۳ انرژی یونش
۷۱	۱-۱-۱۰-۳ پارامترهای مؤثر
۷۱	۲-۱-۱۰-۳ در یک گروه
۷۲	۳-۱-۱۰-۳ در یک تناوب
۷۲	۱۰-۳ الکترون خواهی
۷۲	۱۰-۳ الکترونگاتیویته
۷۳	۱۱-۳ شعاع اتمی و شعاع یونی
۷۴	منابع
۷۵	تمرین‌ها
۷۹	فصل ۴. پیوند در مولکول‌ها
۷۹	۱-۴ مقدمه
۷۹	۲-۴ نظریه پیوند ظرفیتی
۸۱	۴-۳ نظریه اربیتال مولکولی
۸۱	۴-۳-۴ انواع اربیتال‌های مولکولی
۸۲	۴-۳-۴ مرتبه پیوند
۸۳	۴-۳-۴ آرایش الکترونی مولکول‌های دواتمی جورهسته
۸۳	۴-۳-۴ ۱-ردیف اول جدول تناوبی
۸۴	۴-۳-۴ ۲-ردیف دوم جدول تناوبی

۴-۳ آرایش الکترونی مولکول‌های دواتمی ناجور هسته ۸۷
۴-۴ پیوندهای شیمیایی ۸۹
۴-۴-۱ پیوندهای شیمیایی قوی ۸۹
۴-۴-۱-۱ پیوند کووالانسی ۸۹
۴-۴-۲ پیوند یونی ۹۱
۴-۴-۳ پیوند فلزی ۹۳
۴-۴-۴ پیوندهای شیمیایی ضعیف ۹۵
۴-۴-۴-۱ پیوند هیدروژنی ۹۶
۴-۴-۴-۲ پیوندهای واندروالسی ۹۶
۴-۵ نظریه نوار ۹۸
۴-۶ خواص مواد بر حسب رسانش الکتریکی ۹۹
۴-۶-۱ مواد رسانا ۹۹
۴-۶-۲ مواد عایق ۹۹
۴-۶-۳ نیمه رساناهای ۹۹
۴-۶-۴ ابررساناهای ۱۰۰
۴-۶-۵ نیمه رساناهای ناخالص ۱۰۲
۴-۶-۶-۱ نیمه رساناهای نوع منفی ۱۰۳
۴-۶-۶-۲ نیمه رساناهای نوع مثبت ۱۰۳
۴-۷ شکل هندسی مولکول‌ها ۱۰۴
۴-۸ هیبریداسیون ۱۰۴
۴-۸-۱ انواع هیبریداسیون ۱۰۵
۴-۸-۲ ۱-هیبرید sp ۱۰۵
۴-۸-۳ ۲-هیبرید sp^2 ۱۰۶
۴-۸-۴ ۳-هیبرید sp^3 ۱۰۷
۴-۸-۵ ۴-هیبرید sp^3d ۱۰۷
۴-۸-۶ ۵-هیبرید sp^3d^2 ۱۰۹
۴-۸-۷ تأثیر جفت الکترون آزاد بر روی شکل مولکول ۱۰۹
۴-۸-۸-۱ اثر الکترون‌های π در نوع هیبرید ۱۱۱
منابع ۱۱۳
تمرین‌ها ۱۱۴

۱۱۷.....	فصل ۵. گازها
۱۱۷.....	۱-۵ مشخصات گازها
۱۱۷.....	۲-۵ حالت گازها
۱۱۷.....	۱-۲-۵ دما
۱۱۹.....	۲-۲-۵ فشار
۱۲۰.....	۳-۵ گاز ایده‌آل
۱۲۰.....	۱-۳-۵ قوانین گاز ایده‌آل
۱۲۰.....	۱-۱-۳-۵ قانون بولیل
۱۲۱.....	۲-۱-۳-۵ قانون گیلوساک
۱۲۱.....	۱-۳-۵ اصل آwooگادرو
۱۲۲.....	۲-۳-۵ تلفیق قوانین گاز ایده‌آل
۱۲۲.....	۵-۳-۵ معادله حالت گاز ایده‌آل
۱۲۳.....	۱-۳-۳-۵ صورت‌های مختلف
۱۲۵.....	۲-۳-۳-۵ مشخصات
۱۲۶.....	۴-۵ مخلوط گاز ایده‌آل و قانون دالتون
۱۲۸.....	۵-۵ نظریه جنبشی گازها
۱۲۸.....	۱-۵ فشار
۱۳۰.....	۲-۵ ریشه دوم میانگین توان دوم سرعت
۱۳۱.....	۳-۵-۵ نفوذ و نفوذ مولکولی
۱۳۳.....	۴-۵ میانگین انرژی انتقالی
۱۳۴.....	۵-۵ تابع توزیع سرعت‌های مولکولی ماکسول‌بولتزمن
۱۳۷.....	۵-۶ اصل تقسیم متساوی انرژی
۱۳۸.....	۵-۵ میانگین انرژی کل مولکول
۱۳۹.....	۸-۵ ظرفیت گرمایی در حجم ثابت
۱۴۰.....	۶-۵ گازهای حقیقی
۱۴۲.....	۷-۵ معادله حالت
۱۴۳.....	۱-۷-۵ معادله حالت واندروالس
۱۴۴.....	۱-۱-۷-۵ مشخصات
۱۴۶.....	۲-۱-۷-۵ تعیین ثابت‌های a و b گاز واندروالس
۱۴۸.....	۳-۱-۷-۵ معادله حالت واندروالس کاهش یافته

۱۵۱.....	۲-۷-۵ معادله حالت ویریال
۱۵۳.....	منابع
۱۵۴.....	تمرین‌ها

۱۵۷.....	فصل ۶. ترمودینامیک
۱۵۷.....	۱-۶ مقدمه
۱۵۷.....	۲-۶ برخی از مفاهیم مهم در ترمودینامیک
۱۶۴.....	۳-۶ قانون اول ترمودینامیک
۱۶۶.....	۴-۶ انثالپی
۱۶۹.....	۴-۶-۱ برخی از ویژگی‌ها
۱۶۹.....	۴-۶-۲ تغییرات
۱۶۷.....	۵-۶ ظرفیت‌های گرمایی
۱۶۷.....	۵-۶-۱ برخی از ویژگی‌ها
۱۶۸.....	۵-۶-۲ وابستگی دما بیان
۱۷۰.....	۶-۶ محاسبه Q , W , ΔU و ΔH برای برخی از فرایندها
۱۷۰.....	۶-۶-۱ فرایند هم‌دما
۱۷۰.....	۶-۶-۲ فرایند برگشت‌پذیر
۱۷۱.....	۶-۶-۳ فرایند برگشت‌ناپذیر تحت فشار خارجی ثابت
۱۷۱.....	۶-۶-۴ فرایند آدیباتیک
۱۷۱.....	۶-۶-۵ فرایند برگشت‌پذیر
۱۷۳.....	۶-۶-۶ فرایند برگشت‌ناپذیر تحت فشار خارجی ثابت
۱۷۶.....	۷-۶ شیمی گرمایی
۱۷۶.....	۷-۶-۱ حالت استاندارد ترمودینامیکی
۱۷۶.....	۷-۶-۲ حالت مرجع یک عنصر
۱۷۶.....	۷-۶-۳ تغییرات انثالپی استاندارد تشکیل یک ماده
۱۷۷.....	۷-۶-۴ محاسبه تغییر انثالپی استاندارد واکنش‌های شیمیایی
۱۷۷.....	۷-۶-۵ تغییر انثالپی استاندارد تشکیل
۱۷۸.....	۷-۶-۶ قانون هس
۱۷۹.....	۷-۶-۷-۳ انثالپی پیوندها
۱۸۱.....	۷-۶-۴-۴ تغییرات انرژی داخلی

۱۸۲.....	۵-۷ وابستگی دمایی تغیرات انتالپی
۱۸۴.....	۶ قانون دوم ترمودینامیک
۱۸۴.....	۶-۸ تعریف ترمودینامیکی انتروپی
۱۸۵.....	۶-۸ نابرابری کلازیوس
۱۸۶.....	۶-۸-۳ برخی از ویژگی‌های انتروپی
۱۸۶.....	۶-۹ محاسبه انتروپی سامانه طی فرایندهای مختلف
۱۸۷.....	۶-۹-۱ فرایند برگشت پذیر
۱۸۷.....	۶-۹-۱-۱ فشار ثابت
۱۸۷.....	۶-۹-۲ دمای ثابت
۱۸۷.....	۶-۹-۳ آدیباٽیک
۱۸۸.....	۶-۹-۲-۱ فرایند برگشت ناپذیر
۱۸۸.....	۶-۹-۳-۳ انتقالات فازی
۱۸۸.....	۶-۱۰ قاعدة تروتون
۱۸۹.....	۶-۱۱ تغییرات انتروپی محیط اطراف
۱۸۹.....	۶-۱۲ تغییرات انتروپی کل
۱۹۰.....	۶-۱۳ انرژی هلمهولتز
۱۹۱.....	۶-۱۴ انرژی گیبس
۱۹۳.....	۶-۱۵-۱ محاسبه تغییرات انرژی هلمهولتز و انرژی گیبس برای برخی از فرایندهای گاز ایده‌آل
۱۹۳.....	۶-۱۵-۲ فرایند هم‌دما
۱۹۴.....	۶-۱۵-۳ فرایند برگشت پذیر
۱۹۴.....	۶-۱۵-۴ انتقالات فازی
۱۹۴.....	۶-۱۵-۵ واکنش‌های شیمیایی
۱۹۶.....	۶-۱۶-۱ انرژی گیبس یک گاز ایده‌آل
۱۹۷.....	۶-۱۷-۱ انرژی گیبس و ثابت تعادل
۱۹۸.....	۶-۱۸-۱ تغییرات ثابت تعادل با دما
۲۰۰.....	۶-۱۹-۱ انرژی‌های ترمودینامیکی و روابط ماسکول
۲۰۲.....	۶-۲۰-۱ قانون سوم ترمودینامیک
۲۰۳.....	۶-۲۱-۱ محاسبه انتروپی یک ماده در یک دمای خاص
۲۰۴.....	۶-۲۲-۱ تغییرات انتروپی استاندارد واکنش در یک دمای خاص

۲۰۶.....	منابع.....
۲۰۷.....	تمرین ها.....
فصل ۷. مایعات، جامدات، محلول ها و کلوئیدها	
۲۱۵.....	۱-۷ مقدمه
۲۱۵.....	۲-۷ مایعات
۲۱۵.....	۱-۲-۷ فشار بخار
۲۱۷.....	۳-۷ نقطه جوش
۲۱۸.....	۴-۷ گرانزوی
۲۱۸.....	۱-۴-۷ عوامل تأثیرگذار
۲۱۹.....	۲-۴-۷ اندازه گیری گرانزوی مایعات
۲۲۱.....	۵-۷ کشش سطحی
۲۲۲.....	۱-۵-۷ عوامل تأثیرگذار
۲۲۲.....	۲-۵-۷ اندازه گیری
۲۲۴.....	۷ نیروهای پوستگی و چسبندگی
۲۲۵.....	۷-۷ نمودار فازی
۲۲۵.....	۱-۷-۷ مشخصات نمودار فازی
۲۲۶.....	۲-۷-۷ چند ماده خالص
۲۲۶.....	۱-۲-۷-۷ آب
۲۲۷.....	۲-۲-۷-۷ کربن دی اکسید
۲۲۸.....	۳-۲-۷-۷ یدید جیوه
۲۲۹.....	۴-۲-۷-۷ کربن
۲۳۰.....	۸-۷ جامدات
۲۳۱.....	۹-۷ جامدات بلورین
۲۳۲.....	۱۰-۷ انباستگی در بلورها
۲۳۳.....	۱۱-۷ سامانه های بلورین
۲۳۴.....	۱-۱۱-۷ انواع ساختارهای مکعبی
۲۳۷.....	۱۲-۷ محلول ها
۲۳۷.....	۱۳-۷ غلظت محلول ها
۲۳۸.....	۱-۱۳-۷ درصد جرمی / جرمی، درصد جرمی / حجمی و درصد حجمی / حجمی

۲۳۸.....	۲-۱۳-۷ ملاریته
۲۳۹.....	۳-۱۳-۷ ملالیته
۲۳۹.....	۴-۱۳-۷ کسر مولی
۲۳۹.....	ppq و ppt ، ppb ، ppm ۵-۱۳-۷
۲۴۰.....	۶-۱۳-۷ نرمالیته
۲۴۴.....	۱۴-۷ حلالیت
۲۴۴.....	۱-۱۴-۷ پارامتر حلالیت
۲۴۵.....	۲-۱۴-۷ فاکتورهای تأثیرگذار
۲۴۵.....	۱-۲-۱۴-۷ دما
۲۴۵.....	۲-۲-۱۴-۷ فشار
۲۴۶.....	۱۵-۷ محلول‌های ایده‌آل و غیرایده‌آل
۲۴۸.....	۱۶-۷ خواص جمعی محلول‌ها
۲۴۸.....	۱-۱۶-۷ کاهش فشار بخار
۲۴۹.....	۲-۱۶-۷ صعود نقطه جوش
۲۵۰.....	۳-۱۶-۷ نزول نقطه انجماد
۲۵۳.....	۴-۱۶-۷ فشار اسمزی
۲۵۴.....	۱۷-۷ خواص جمعی الکتروولیت‌ها
۲۵۶.....	۱۸-۷ کلوئیدها
۲۵۶.....	۱-۱۸-۷ انواع
۲۵۷.....	۲-۱۸-۷ روش‌های پایداری
۲۵۸.....	منابع
۲۵۹.....	تمرین‌ها
۲۶۳.....	فصل ۸. سینتیک شیمیایی
۲۶۳.....	۱-۸ مقدمه
۲۶۳.....	۲-۸ مفاهیم
۲۶۳.....	۱-۲-۸ سرعت واکنش
۲۶۴.....	۲-۲-۸ قانون سرعت
۲۶۵.....	۳-۲-۸ ثابت سرعت
۲۶۵.....	۴-۲-۸ درجه واکنش

۲۶۶	۵-۲-۸ واکنش بنیادی
۲۶۶	۶-۲-۸ واکنش ساده
۲۶۶	۷-۲-۸ واکنش پیچیده
۲۶۶	۸-۲-۸ مکانیسم
۲۶۶	۹-۲-۸ واسطه واکنش
۲۶۷	۱۰-۲-۸ مولکولاریته
۲۶۸	۳-۸ تعیین قانون سرعت
۲۶۸	۳-۸ روش سرعت‌های اولیه
۲۶۹	۲-۳-۸ روش ایزوله کردن
۲۶۹	۳-۳-۸ روش انتگرال گیری
۲۶۹	۱-۳-۳-۸ واکنش درجه اول
۲۷۰	۲-۳-۳-۸ واکنش درجه دوم
۲۷۲	۳-۳-۳-۸ واکنش درجه صفر
۲۷۴	۴-۸ زمان نیمه عمر
۲۷۴	۱-۴-۸ واکنش درجه صفر
۲۷۴	۲-۴-۸ واکنش درجه اول
۲۷۵	۳-۴-۸ واکنش درجه دوم
۲۷۶	۵-۸ وابستگی دمایی ثابت سرعت
۲۷۹	۶-۸ ثابت تعادل برای واکنش‌های بنیادی
۲۸۰	۷-۸ مکانیسم واکنش
۲۸۰	۱-۷-۸ مرحله تعیین کننده سرعت
۲۸۲	۲-۷-۸ تقریب حالت پایا
۲۸۴	۸-۸ کاتالیزور
۲۸۵	منابع
۲۸۶	تمرین‌ها
۲۹۱	فصل ۱.۹ اکسایش و کاهش
۲۹۱	۱-۹ حالت اکسایش و کاهش
۲۹۱	۲-۹ موازنۀ واکنش‌های اکسایش و کاهش
۲۹۳	۳-۹ سل الکتروشیمیایی

۲۹۳	۱-۳-۹ سل گالوانیک
۲۹۴	۲-۳-۹ سل الکترولیتی
۲۹۵	۴-۹ پتانسیل سل
۲۹۷	۵-۹ توابع ترمودینامیکی و پتانسیل سل
۲۹۸	۶-۹ معادله نرنست
۳۰۰	۷-۹ پتانسیل سل و ثابت تعادل
۳۰۱	۸-۹ تیتراسیون اکسایش و کاهش
۳۰۳	۹-۹ باتری‌ها
۳۰۴	۱-۹-۹ طبقه‌بندی
۳۰۴	۱-۹-۹ باتری‌های اولیه
۳۰۵	۲-۱-۹-۹ باتری‌های ثانویه
۳۰۶	۱۰-۹ سل‌های سوختی
۳۰۶	۱۱-۹ خوردگی
۳۰۸	منابع
۳۰۸	تمرین‌ها
۳۱۱	پاسخ برخی از تمرین‌ها
۳۱۵	پیوست ۱. جداول
۳۱۷	پیوست ۲. برخی از فرمول‌های مهم ریاضی
۳۱۹	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی
۳۳۷	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
۳۵۴	نمایه

پیشگفتار

شیمی به عنوان یک علم پایه با علوم و صنایع مختلف نظیر پتروشیمی، نفت و گاز، کاتالیزور، داروسازی، محیط‌زیست و غیره ارتباط تنگاتنگ دارد. یکی از اهداف نگارش این کتاب که حاصل ربع قرن تدریس این جانب در دانشگاه است، ایجاد انگیزه و علاقه در دانشجویان نسبت به علم شیمی است. برای نیل به این هدف، تلاش کردم در کتاب حاضر از ابزارهای گوناگونی نظری بیان برخی از کاربردهای جذاب و نوین شیمی، بیان ساده مفاهیم، مثال‌های متنوع، مسائل آخر فصل و شعارهای زیست‌محیطی استفاده کنم. به همراه کتاب، یک لوح فشرده حاوی تعدادی فیلم، نسخه رنگی شکل‌های داخل کتاب و شعارهای زیست‌محیطی نیز ارائه شده است.

پیش‌آپیش از ارائه پیشنهادهای خوانندگان محترم برای چاپ بعدی اثر اگر خداوند توفیق عمر بدهد، سپاسگزاری می‌کنم.

الله گوهرشادی

بخش شیمی - دانشگاه فردوسی مشهد

۱۳۹۸ پاییز