

بسم الله الرحمن الرحيم

احتراق

نوشتۀ
ایروین گلسمن
ویچارد ا. یتر

ترجمۀ
ایرج ناصر



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران جنوب

تهران، ۱۳۹۰

سرشناسه: گلسمن، ایروین

Irvin Glassman

عنوان و نام پدیدآور: احتراق / نوشته ایروین گلسمن، ریچارد ا. یتر؛ ترجمه ایرج ناصر.

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، ۱۳۹۰.

مشخصات ظاهری: ۹۰۰ ص؛ مصور، جدول، نمودار.

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۰۹۳۵-۲

قیمت: ۱۵۰۰۰۰ ریال

وضعیت فهرست‌نویسی: فیا.

یادداشت: عنوان اصلی: Combustion, 4th. ed., 2008C.

یادداشت: چاپ قبلی: دانشگاه تبریز، ۱۳۷۲.

یادداشت: واژه‌نامه.

موضوع: احتراق.

شناسه افزوده: یتر، ریچارد ا.، ۱۹۵۲ م. Richard A. Yetter

شناسه افزوده: ناصر، ایرج، ۱۳۴۵-، مترجم.

شناسه افزوده: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب.

رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۰ ۱۳ الف ۵۱۶ / QD

رده‌بندی دیویی: ۵۴۱/۳۶۱

شماره کتاب‌شناسی ملی: ۲۴۴۲۷۹۸



احتراق

نوشته ایروین گلسمن، ریچارد ا. یتر

ترجمه دکتر ایرج ناصر

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران جنوب

رئیس انتشارات: فرشته حاجی‌زاده

طراح جلد: علیرضا هنرکار

ویراستار: زهرا محمدطاهری

حروف‌چینی و صفحه‌آرایی: شرکت حروف‌چینی همراهان واژه

چاپ اول: ۱۳۹۰

تیراژ: ۲۰۰۰ نسخه

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: سازمان چاپ دانشگاه آزاد اسلامی

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۰۹۳۵-۲ ISBN: 978-964-10-0925-2

قیمت: ۱۵۰۰۰ تومان

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"ن والقلم و ما یسطرون"

سخن ناشر

بی تردید تعالی علمی و فرهنگی کشور، بازتاب میزان تفکری است که فرهیختگان در مقام عمل به منصه ظهور می‌وسانند. در این بین، مهم‌تر و حساس‌تر از همه، رسالت عالمان و علم‌جویان است. این رسالت، همان‌گونه که در جهت پرورش استعدادهای فردی، با قرائت و مطالعه انجام می‌گیرد، برای پیشبرد اهداف اجتماعی و تعالی فرهنگی، با کتابت و مباحثه نیز محقق می‌شود.

از این رو، یکی از مسئولیت‌های مهم مراکز فرهنگی در کنار کار تعلیم و تربیت، نشر آثار علمی است. معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران غرب، برای ارتقای سطح علمی دانشجویان و تنویر افکار دانش‌پژوهان، به چاپ کتاب *احتراق* اقدام کرده است، با این امید که با استمرار فعالیت‌های انتشاراتی، بتواند گامی در راه رشد و بالندگی فرهنگی بردارد.

در این کتاب سعی شده است با نگارشی ساده و روان، اصول *احتراق* به بهترین شیوه به مخاطبان آموخته شود. کتاب حاضر برای کلیه دانشجویان رشته مهندسی مکانیک و مهندسی شیمی در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد و صنعتگران در بخش‌های سوخت و *احتراق* مناسب است.

پیش از هرچیز، شایسته است از عنایت ریاست محترم دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران غرب، استادان ارجمند و از دست‌اندرکاران ویرایش، حروفچینی و چاپ کتاب تقدیر و تشکر به عمل آید.

از صاحب‌نظران گرامی خواهشمند است با ارائه پیشنهادهای خود، در جهت اصلاح نواقص احتمالی این کتاب و تهیه مطالب مناسب متون درسی دانشگاهی، انتشارات این واحد را یاری‌کنند. امیداست این اثر علمی مورد استفاده استادان و دانش‌پژوهان قرارگیرد.

و من الله التوفیق و علیہ التکلان

دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران غرب

قدردانی

در اینجا بر خود لازم می‌دانم تا از کمک‌های بی‌دریغ و راهنمایی‌های گرانقدر سرکار خانم فرشته حاجی‌زاده — رئیس محترم انتشارات دانشگاه — سپاسگزاری کنم. بی‌شک دلسوزی‌های ایشان باعث شتاب گرفتن کار شد و اگر نبود راهکارهای نامبرده، هنوز اندر خم نگارش‌های اولیه کتاب قراو داشتم.

همچنین از راهنمایی‌های جناب آقای سیدجلیل شاهرری لنگرودی بسیار سپاسگزار هستم. شاید اغراق نباشد اگر بگویم با سرمشق‌های ایشان، با چهره فارسی به صورت صحیح و واقعی آن آشنا شدم.

به‌هرحال، کتاب حاضر حاصل دلسوزی‌ها و تعهدی است که این دو بزرگوار برای انتشار آثار دانشگاه دارند؛ که امید است با چاپ این کتاب، بخش اندکی از آن جبران شده باشد.

مقدمه مترجم

کتاب حاضر مهم‌ترین و مشهورترین کتاب در زمینهٔ مباحث احتراق است که به‌عنوان کتاب درسی در اکثر دانشگاه‌ها و مؤسسه‌های آموزش عالی داخل و خارج از کشور تدریس می‌شود. این کتاب به نام نویسندهٔ آن، گلسمن، شناخته می‌شود و مطالب جامع و کامل آن در مباحث احتراق به‌صورت سازمان‌یافته نگاشته شده است. متأسفانه چاپ‌های دوم و سوم این کتاب به‌صورت ناقص و در چند فصل محدود در کتابخانه‌های برخی از دانشگاه‌های داخل آن هم فقط در محیط کتابخانه به دانشجویان امانت داده می‌شود. فقدان ترجمهٔ صحیح معضل بزرگی برای دانشجویان علاقه‌مند است که یکی از دلایل ترجمهٔ چاپ چهارم کتاب است. در این کتاب سعی شده است متن، روان ترجمه شود تا دانشجویان و علاقه‌مندان به راحتی مفاهیم را درک کنند.

از کلیهٔ همکاران و دانشجویان عزیز درخواست می‌کنم نظرها و پیشنهادهای خود را در مورد ترجمهٔ چاپ چهارم با اینجانب در میان بگذارند.

فهرست مطالب

فصل اول: ترمودینامیک شیمیایی و دمای شعله.....	۱۷
۱-۱. مقدمه.....	۱۷
۲-۱. گرمای واکنش و تشکیل.....	۱۷
۳-۱. انرژی آزاد و ثوابت تعادل.....	۲۷
۴-۱. محاسبات دمای شعله.....	۳۴
۱-۴-۱. تحلیل.....	۳۴
۲-۴-۱. نمونه‌های عملی.....	۴۱
۵-۱. ترمودینامیک احتراق مادی و مافوق صوت.....	۵۳
۱-۵-۱. مقایسه‌ها.....	۵۳
۲-۵-۱. موضوع فشار ساکن.....	۵۴
مسائل.....	۵۷
مراجع.....	۶۳
فصل دوم: سینتیک شیمیایی.....	۶۴
۱-۲. مقدمه.....	۶۴
۲-۲. سرعت واکنش‌ها و وابستگی آنها به دما.....	۶۴
۱-۲-۲. رابطه سرعت آرنیوس.....	۶۶
۲-۲. نظریه‌های حالت گذار و حالت ترکیب مجدد.....	۷۰
۳-۲. واکنش‌های مستقل همزمان.....	۷۵
۴-۲. واکنش‌های زنجیره‌ای.....	۷۶
۵-۲. واکنش‌های شبه درجه اول و محدوده کاهش ^۲	۸۱
۶-۲. فرض تعادل جزئی.....	۸۴
۷-۲. تأثیر فشار در تبدیل کسری.....	۸۶
۸-۲. سینتیک شیمیایی مکانیسم‌های واکنش بزرگ.....	۸۶
۱-۸-۲. روش تحلیل حساسیت.....	۸۸
۲-۸-۲. تحلیل نرخ تولید.....	۹۰
۳-۸-۲. سیستم‌های واکنش‌کننده شیمیایی و حرارتی جفت‌شده.....	۹۱
۴-۸-۲. ساده‌کردن مکانیسم.....	۹۴
مسائل.....	۹۴
مراجع.....	۹۹

فصل سوم: مشخصات اکسایشی عمومی و انفجاری سوخت‌ها	۱۰۲
۱-۳. مقدمه	۱۰۲
۲-۳. واکنش‌های انشعاب زنجیری و معیارهای انفجار	۱۰۲
۳-۳. حدود انفجار و ویژگی‌های اکسایشی هیدروژن	۱۱۲
۴-۳. حدود انفجار و ویژگی‌های اکسایشی منواکسید کربن	۱۲۲
۵-۳. حدود انفجار و ویژگی‌های اکسایش هیدروکربن‌ها	۱۲۸
۱-۵-۳. علائم اختصاری مواد آلی	۱۲۹
۱-۱-۵-۳. ترکیبات آلکیل	۱۳۰
۲-۱-۵-۳. آروماتیک‌ها	۱۳۰
۳-۱-۵-۳. آلکل‌ها	۱۳۲
۴-۱-۵-۳. آلدئیدها	۱۳۲
۵-۱-۵-۳. کتون‌ها	۱۳۳
۶-۱-۵-۳. اسیدها	۱۳۳
۷-۱-۵-۳. نمک‌های آلی	۱۳۴
۸-۱-۵-۳. سایر ترکیب‌ها	۱۳۴
۲-۵-۳. حدود انفجار	۱۳۴
۱-۲-۵-۳. ضریب منفی سرعت واکنش	۱۳۶
۲-۲-۵-۳. شعله‌های سرد	۱۳۷
۳-۵-۳. مکانیسم‌های اکسایش هیدروکربن در دمای پایین	۱۳۹
۱-۳-۵-۳. رقابت بین مراحل انشعاب زنجیر و واکنش پایدار	۱۴۱
۲-۳-۵-۳. اهمیت ایزومری شدن در رادیکال هیدروکربن‌های بزرگ	۱۴۲
۶-۳. اکسایش آلدئیدها	۱۴۴
۷-۳. اکسایش متان	۱۴۶
۱-۷-۳. مکانیسم در دمای پایین	۱۴۶
۲-۷-۳. مکانیسم در دمای بالا	۱۴۸
۸-۳. اکسایش هیدروکربن‌های بالاتر	۱۵۲
۱-۸-۳. هیدروکربن‌های آلفاتیکی	۱۵۲
۱-۱-۸-۳. دید کلی	۱۵۲
۲-۱-۸-۳. اکسایش پارافین	۱۵۴
۳-۱-۸-۳. اکسایش آلفین و استیلن	۱۵۹
۲-۸-۳. آلکل‌ها	۱۶۳
۳-۸-۳. هیدروکربن‌های آروماتیک	۱۶۶
۱-۳-۸-۳. اکسایش بنزن	۱۶۸
۲-۳-۸-۳. اکسایش آروماتیک‌های آلکیله	۱۷۳
۴-۸-۳. اثرات فوق بحرانی	۱۷۸
مسائل	۱۸۱
مراجع	۱۸۵
فصل چهارم: پدیده‌های شعله در گازهای قابل احتراق پیش آمیخته	۱۹۰
۱-۴. مقدمه	۱۹۰
۲-۴. ساختار شعله لایم‌ای	۱۹۶

۱۹۹	۳-۴. سرعت شعله لایه‌ای
۲۰۲	۱-۳-۴. نظریه مالارد و لوشتالیه
۲۰۸	۲-۳-۴. نظریه زلدوویچ، فرانک، کامتسکی، و سموف
۲۱۶	۳-۳-۴. نظریه جامع و تحلیل ساختار شعله لایه‌ای
۲۲۵	۴-۳-۴. شعله لایه‌ای و معادله انرژی
۲۲۵	۵-۳-۴. روش‌های تجربی تعیین سرعت شعله
۲۳۰	۱-۵-۳-۴. روش مشعل
۲۳۲	۲-۵-۳-۴. روش لوله استوانه‌ای
۲۳۳	۳-۵-۳-۴. روش حباب صابون
۲۳۴	۴-۵-۳-۴. روش بمب کرووی بسته
۲۳۴	۵-۵-۳-۴. روش مشعل مسطح
۲۳۷	۶-۳-۴. نتایج تجربی - اثرات فیزیکی و شیمیایی
۲۴۷	۴-۴. حدود پایداری شعله‌های لایه‌ای
۲۴۸	۱-۴-۴. حدود اشتعال
۲۵۸	۲-۴-۴. فاصله خاموش شدن
۲۶۰	۳-۴-۴. پایداری شعله (سرعت کم)
۲۶۲	۱-۳-۴-۴. توزدگی و پریدگی شعله
۲۶۵	۲-۳-۴-۴. تحلیل و نتایج
۲۶۸	۴-۴-۴. حدود پایداری و طراحی
۲۷۲	۵-۴. انتشار شعله در مخلوط‌های طبقه‌بندی‌شده قابل اشتعال
۲۷۶	۶-۴. جریان‌های واکنش‌کننده درهم و شعله‌های درهم
۲۷۹	۱-۶-۴. سرعت واکنش در یک میدان درهم
۲۸۲	۲-۶-۴. رژیم جریان‌های واکنش‌کننده درهم
۲۹۸	۳-۶-۴. سرعت شعله درهم
۳۰۳	۷-۴. نظریه راکتور به‌هم‌خورده
۳۰۹	۸-۴. پایداری شعله در جریان‌های با سرعت بالا
۳۲۲	۹-۴. احتراق در حجم‌های کوچک
۳۲۷	مسائل
۳۳۲	مراجع
۳۳۹	فصل پنجم: انفجار ضربه‌ای
۳۳۹	۱-۵. مقدمه
۳۳۹	۱-۱-۵. شعله‌های پیش آمیخته و نفوذی
۳۴۰	۲-۱-۵. انفجار، اشتعال عادی و انفجار ضربه‌ای
۳۴۱	۳-۱-۵. آغاز انفجار ضربه‌ای
۳۴۴	۲-۵. پدیده‌های انفجار ضربه‌ای
۳۴۶	۳-۵. روابط هوگونویوت و نظریه هیدرودینامیکی انفجارهای ضربه‌ای
۳۴۷	۱-۳-۵. رسم منحنی هوگونویوت و یگانگی نقطه C-J
۳۵۸	۲-۲-۵. تعیین سرعت صوت در گازهای سوخته برای نقاط بالاتر از نقطه C-J
۳۵۸	۱-۲-۲-۵. نحوه تغییر آنتروپی در طول منحنی هوگونویوت
۳۵۹	۲-۲-۲-۵. تفرع منحنی هوگونویوت

۳۶۱	۳-۲-۵. سرعت گاز سوخته.....
۳۶۲	۳-۳-۵. محاسبه سرعت انفجار ضربه‌ای.....
۳۶۷	۴-۵. مقایسه محاسبات سرعت انفجار ضربه‌ای با نتایج تجربی.....
۳۷۴	۵-۵. ساختار ZND امواج انفجار ضربه‌ای.....
۳۷۸	۵-۶. ساختار جبهه انفجار ضربه‌ای سلولی و سایر پارامترهای پدیده‌های انفجار ضربه‌ای.....
۳۷۸	۵-۶-۱. جبهه انفجار ضربه‌ای سلولی.....
۳۸۳	۵-۶-۲. پارامترهای انفجار ضربه‌ای دینامیکی.....
۳۸۵	۵-۶-۳. حدود انفجاری ضربه‌ای.....
۳۹۰	۵-۷. انفجارهای ضربه‌ای در محیط غیرگازی.....
۳۹۰	مسائل.....
۳۹۳	مراجع.....
۳۹۵	فصل ششم: شعله‌های نفوذی.....
۳۹۵	۱-۶. مقدمه.....
۳۹۶	۲-۶. جت سوخت گازی.....
۳۹۶	۱-۲-۶. نمود.....
۴۰۱	۲-۲-۶. ساختار.....
۴۰۴	۳-۲-۶. ملاحظات نظری.....
۴۰۹	۴-۲-۶. روش برگ-شومان.....
۴۱۷	۵-۲-۶. فواره‌های سوخت درهم.....
۴۱۹	۳-۶. سوختن فازهای کندانه.....
۴۲۱	۱-۳-۶. موضوع سوختن جرمی و ضریب تبخیر.....
۴۲۶	۲-۳-۶. قطره‌های سوخت در محیط‌های ساکن.....
۴۲۸	۱-۲-۳-۶. انتقال جرم و حرارت بدون واکنش شیمیایی (تبخیر) - عدد انتقال B.....
۴۳۵	۲-۲-۳-۶. انتقال جرم و گرما با واکنش شیمیایی (نرخ سوختن قطره).....
۴۴۷	۳-۲-۳-۶. تصحیح عبارت نرخ سوختن جرم.....
۴۴۷	۱-۳-۲-۳-۶. تغییر خواص انتقال.....
۴۴۹	۲-۳-۲-۳-۶. گرمایش گذرای قطره‌ها.....
۴۵۱	۳-۳-۲-۳-۶. تأثیر سرعت واکنش محدود.....
۴۵۲	۴-۶. سوختن ابرهای قطره.....
۴۵۴	۵-۶. سوختن در محیط‌های جابه‌جایی.....
۴۵۴	۱-۵-۶. حالت لایه ساکن.....
۴۵۶	۲-۵-۶. سطح با احتراق طولی.....
۴۵۸	۳-۵-۶. حالت قطره جاری.....
۴۶۰	۴-۵-۶. سرعت سوختن پلاستیک، فرض B کوچک و آثار تشعشع.....
۴۶۲	مسائل.....
۴۶۶	مراجع.....
۴۶۸	فصل هفتم: اشتعال.....
۴۶۸	۱-۷. مفاهیم.....
۴۷۲	۲-۷. اشتعال خودبه‌خود زنجیری.....
۴۷۴	۳-۷. اشتعال آبی حرارتی.....

۴۷۵	۱-۳-۷. روش سمنوف در اشتعال حرارتی.....
۴۸۱	۲-۳-۷. نظریه فرانک-کامتسکی درباره اشتعال حرارتی.....
۴۸۱	۱-۲-۳-۷. روش حل ساکن-مسائل جرم بحرانی و اشتعال آبی.....
۴۸۵	۲-۲-۳-۷. پاسخ غیر ساکن.....
۴۸۸	۴-۷. اشتعال اجباری.....
۴۸۹	۱-۴-۷. اشتعال جرقه‌ای و حداقل انرژی اشتعال.....
۴۹۶	۲-۴-۷. اشتعال بر اثر تراکم آدیاباتیک و امواج ضربه‌ای.....
۴۹۷	۵-۷. سایر مفاهیم اشتعال.....
۴۹۸	۱-۵-۷. هاپر گولیسته و پیروفریسته.....
۵۰۲	۲-۵-۷. اشتعال کاتالیتی.....
۵۰۳	مسائل.....
۵۰۵	مراجع.....
۵۰۷	فصل هشتم: اختراق از لحاظ محیط زیست.....
۵۰۷	۱-۸. مقدمه.....
۵۰۹	۲-۸. ماهیت مه دود فتوشیمیایی.....
۵۱۰	۱-۲-۸. آلانده‌های اولیه و ثانویه.....
۵۱۰	۲-۲-۸. تأثیر NO_x
۵۱۴	۳-۲-۸. تأثیر SO_x
۵۱۷	۴-۸. تشکیل و احیای NO_x
۵۱۹	۱-۳-۸. ساختار اکسیدهای نیتروژن.....
۵۲۰	۲-۳-۸. تأثیر ساختار شعله.....
۵۲۱	۳-۳-۸. مکانیسم‌های واکنش اکسیدهای نیتروژن.....
۵۲۱	۱-۳-۳-۸. مکانیسم‌های واکنش منواکسید نیتروژن.....
۵۴۰	۲-۳-۳-۸. مکانیسم‌های واکنش دی اکسید نیتروژن.....
۵۴۲	۳-۲-۳-۸. مکانیسم‌های تشکیل منواکسید دی نیتروژن.....
۵۴۲	۴-۸. کاهش NO_x
۵۴۹	۵-۸. انتشار SO_x
۵۵۱	۱-۵-۸. ترکیب محصول و ساختار ترکیبات گوگرد.....
۵۵۳	۲-۵-۸. مکانیسم‌های اکسایش سوخت‌های گوگرد.....
۵۵۴	۱-۲-۵-۸. H_2S
۵۵۸	۲-۲-۵-۸. CS_2 و COS
۵۶۰	۲-۲-۵-۸. گوگرد اتمی.....
۵۶۱	۴-۲-۵-۸. ترکیبات آلی گوگرد.....
۵۶۴	۵-۲-۵-۸. تری اکسید گوگرد و سولفات‌ها.....
۵۶۸	۶-۲-۵-۸. درون کنش‌های $SO_2 - NO_x$
۵۶۹	۶-۸. تشکیل ذرات ریز.....
۵۷۰	۱-۶-۸. مشخصات دوده.....
۵۷۲	۲-۶-۸. فرایندهای تشکیل دوده.....
۵۷۳	۳-۶-۸. سیستم‌های تجربی و تشکیل دوده.....
۵۷۶	۴-۶-۸. تمایل به دودزایی.....

۵۹۰	۵-۶-۸. جزئیات ساختار شعله‌های دوده‌زا
۵۹۷	۶-۶-۸. مکانیسم‌های شیمیایی تشکیل دوده
۶۰۰	۷-۶-۸. تأثیر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی بر تشکیل دوده
۶۰۴	۷-۸. اوزن استراتوسفری
۶۰۶	۱-۷-۸. دوره کاتالیستی HO_x
۶۰۷	۲-۷-۸. دوره کاتالیستی NO_x
۶۱۰	۳-۷-۸. دوره کاتالیستی ClO_x
۶۱۲	مسائل
۶۱۳	مراجع
۶۱۹	فصل نهم: احتراق سوخت‌های غیر فرار
۶۱۹	۱-۹. احتراق زغال نیم‌سوز، دوده و فلز
۶۲۰	۲-۹. ترمودینامیک احتراق فلز
۶۲۰	۱-۲-۹. معیار احتراق در فاز بخار
۶۲۱	۲-۲-۹. ترمودینامیک سیستم‌های فلز-اکسیژن
۶۲۵	۳-۲-۹. ترمودینامیک سیستم‌های فلز - هوا
۶۳۹	۴-۲-۹. سبتر احتراق
۶۴۷	۳-۹. سینتیک نفوذی
۶۴۹	۴-۹. سرعت سوختن تحت کنترل نفوذ
۶۵۰	۱-۴-۹. سوختن فلزات در اکسیژن تقریباً خالص
۶۵۳	۲-۴-۹. سوختن ذرات کوچک - نفوذ و حدود سینتیکی
۶۵۷	۳-۴-۹. سوختن ذرات بزرگ
۶۵۹	۴-۴-۹. احتراق ذره کربن (سی. آر. شادیکس)
۶۶۲	۵-۹. سوخت‌های کربنی واقعی (سی. آر. شادیکس)
۶۶۲	۱-۵-۹. گاززدایی
۶۶۸	۲-۵-۹. احتراق کربن متخلخل
۶۷۰	۳-۵-۹. اکسایش ذرات ریز کربن متخلخل زغال سنگ
۶۷۲	۴-۵-۹. گازی کردن و احتراق اکسایشی
۶۷۷	۶-۹. اکسایش دوده (سی. آر. شادیکس)
۶۸۱	مسائل
۶۸۲	مراجع
۶۸۷	ضمایم
۷۰۷	ضمیمه الف: داده‌های ترمودینامیکی و ثابت‌های فیزیکی
۸۱۶	ضمیمه ب: دمای شعله آدیاباتیک هیدروکربن‌ها
۸۲۰	ضمیمه پ: ثابت‌های ویژه سرعت واکنش
۸۵۰	ضمیمه ت: انرژی تفکیک پیوندی آلکان‌ها
۸۵۸	ضمیمه ث: حدود اشتعال گاز و بخار سوخت در هوا در 25°C و 1atm
۸۶۶	ضمیمه ج: حدود اشتعال در هوا
۸۷۷	ضمیمه چ: دمای اشتعال خودبخود
۸۹۷	ضمیمه ح: حداقل انرژی اشتعال جرقه‌ای و خاموش شدن هیدروکربن‌ها