



انتشارات، شماره ۶۳۱

مبانی دینامیک گازها

تألیف:

رابرت د. زوکر - اسکار بیبلرز

ترجمه:

دکتر اصغر برادران رحیمی

استاد گروه مکانیک دانشکده مهندسی
دانشگاه فردوسی مشهد

سرشتاسه :	زوکړه، رابرت دی.	Zucker, Robert D
عنوان و نام پدیدآور :	مبانی دینامیک گازها / تألیف رابرت د. زوکړه، اسکار بیلارز؛ ترجمه اصغر برادران رحیمی.	
مشخصات نشر :	مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۹۳.	
مشخصات ظاهری :	۵۶۲ ص.: جدول، نمودار.	
فروست :	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ شماره ۶۳۱.	
شابک :	(ISBN: 978-964-386-305-0)	
وضعیت فهرست نویسی :	فیا.	
یادداشت :	عنوان اصلی : Fundamentals of gas dynamics, 2nd ed, C 2002.	
یادداشت :	کتاب حاضر نخستین بار تحت همین عنوان با ترجمه اصغر برادران رحیمی توسط انتشارات آستان قدس رضوی، معاونت فرهنگی در سال ۱۳۷۰ منتشر شده است.	
یادداشت :	کتابنامه.	
موضوع :	گازها -- دینامیک.	
شناسه افزوده :	بیلارز، اسکار.	
شناسه افزوده :	Biblarz, Oscar.	
شناسه افزوده :	برادران رحیمی، اصغر؛ ۱۳۲۹ - مترجم.	
رده بندی کنگره :	۱۳۹۳ م ۹ ز / ۱۶۸ QC	
رده بندی دیویی :	۵۳۳/۲	
شماره کتابخانه ملی :	۳۷۴۲۶۶۶	



انتشارات، شماره ۶۳۱

مبانی دینامیک گازها

تألیف

رابرت د. زوکړه - اسکار بیلارز

ترجمه

دکتر اصغر برادران رحیمی

ویراستار علمی

دکتر محمد رضا مدرس رضوی

وزیری، ۵۶۲ صفحه، ۱۰۰۰ نسخه، چاپ اول، بهار ۱۳۹۴

امور فنی و چاپ: مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

بها: ۲۲۰۰۰۰ ریال

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد،

سازمان مرکزی، جنب سلف سرویس یاس، تلفن: ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)

مؤسسه کتابیران: تهران، میدان انقلاب، خیابان نصرت، خیابان دکتر قریب، رسیده به خیابان

فرصت، پلاک ۷ - تلفن: ۱۵-۶۶۵۶۶۵۱۰ (۰۲۱)

مؤسسه دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نش خیابان نظری،

شماره ۱۴۲ - تلفاکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰-۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

فهرست مطالب

۱۱	پیش گفتار مترجم
۱۳	پیش گفتار
۱۵	سخنی با دانشجویان
۱۹	فصل ۱ - مروری بر اصول مقدماتی
۱۹	۱-۱ مقدمه
۲۰	۲-۱ واحدها و علائم قراردادی
۲۰	نیرو و جرم
۲۲	جرم مخصوص و حجم مخصوص
۲۳	فشار
۲۴	درجه حرارت
۲۴	لزجت (گران روی)
۲۵	معادله حالت
۲۶	۳-۱ بعضی مفاهیم ریاضی
۲۶	متغیرها
۲۷	مقادیر بی نهایت کوچک
۲۷	مشتق
۲۷	دیفرانسیل
۲۸	بیشینه و کمینه
۲۸	لگاریتم طبیعی
۲۹	سری تیلور
۲۹	۴-۱ مفاهیم ترمودینامیک برای واکاوی جرم معیار
۲۹	تعاریف عمومی
۳۱	قوانین ترمودینامیک کلاسیک

۳۶	گازهای کامل
۳۸	تئیرات آنتروپی
۳۸	نمودارهای فرآیند
۳۹	سؤالات مروری
۴۲	مسائل مروری

فصل ۲ - واکاوی حجم معیار - قسمت اول

۴۵	۱-۲ مقدمه
۴۶	۲-۲ اهداف
۴۶	۳-۲ بعدی بودن جریان و سرعت متوسط
۵۰	۴-۲ تبدیل یک مشتق مادی به رهیافت حجم معیار
۵۵	۵-۲ بقای جرم
۵۸	۶-۲ بقای انرژی
۶۶	فرم دیفرانسیلی معادله انرژی
۶۷	۷-۲ خلاصه
۶۹	۸-۲ مسائل
۷۳	آزمون

فصل ۳ - واکاوی حجم معیار - قسمت دوم

۷۵	۱-۳ مقدمه
۷۵	۲-۳ اهداف
۷۶	۳-۳ تفسیرهای آنتروپی
۷۹	۴-۳ معادله فشار - انرژی
۸۰	۵-۳ مفهوم سکون
۸۴	۶-۳ معادله فشار - انرژی سکون
۸۶	۷-۳ نتایج جرم مخصوص ثابت
۸۶	روابط انرژی
۹۰	روابط سکون
۹۲	۸-۳ معادله اندازه حرکت
۹۶	فرم دیفرانسیلی معادله اندازه حرکت
۱۰۱	۹-۳ خلاصه
۱۰۳	مسائل
۱۰۹	آزمون

فصل ۴ - آشنایی با جریان تراکم پذیر ۱۱۱

۱-۴	مقدمه	۱۱۱
۲-۴	اهداف	۱۱۱
۳-۴	سرعت صوت و عدد ماخ	۱۱۲
۱۱۴	معادله پیوستگی	
۱۱۵	اندازه حرکت	
۱۱۷	عدد ماخ	
۴-۴	انتشار موج	۱۱۸
۵-۴	معادلات برای یک گاز کامل بر حسب عدد ماخ	۱۲۱
۱۲۱	معادله پیوستگی	
۱۲۲	روابط سکون	
۱۲۴	معادله فشار - انرژی سکون	
۱۲۷	۶-۴ نمودارهای $T-s$ و $h-s$	
۱۲۸	۷-۴ خلاصه	
۱۲۹	مسائل	
۱۳۳	آزمون	

فصل ۵ - جریان آدیاباتیک با سطح مقطع متغیر ۱۳۵

۱-۵	مقدمه	۱۳۵
۲-۵	اهداف	۱۳۵
۳-۵	سیالات عمومی - بدون اتلاف	۱۳۶
۴-۵	گاز کامل - با اتلاف ها	۱۴۲
۵-۵	مفهوم مرجع *	۱۴۷
۶-۵	جدول های آیزنتروپیک	۱۵۰
۷-۵	عمل شیپوره	۱۵۸
۱۵۹	انرژی	
۱۶۲	شیپوره همگرا - واگرا	
۸-۵	عملکرد شیپوره	۱۶۶
۹-۵	عملکرد پخش کن	۱۶۹
۱۰-۵	وقتی که γ برابر با ۱/۴ نباشد	۱۷۰
۱۱-۵	فرا جداول (اختیاری)	۱۷۱
۱۲-۵	خلاصه	۱۷۵
۱۷۷	مسائل	
۱۸۳	آزمون	

فصل ۶ - موج‌های ضربه‌ای قائم ساکن ۱۸۵

۱۸۵	۱-۶ مقدمه
۱۸۶	۲-۶ اهداف
۱۸۶	۳-۶ واکاوی موج ضربه‌ای، سیال عمومی
۱۸۸	پیوستگی
۱۸۸	انرژی
۱۸۸	اندازه حرکت
۱۸۹	۴-۶ معادلات کاربردی برای گاز کامل
۱۸۹	پیوستگی
۱۹۰	انرژی
۱۹۰	اندازه حرکت
۱۹۴	۵-۶ جداول موج ضربه‌ای قائم
۱۹۹	۶-۶ موج‌های ضربه‌ای در شیبوره ها
۲۰۵	۷-۶ عمل نوبل باد مافوق صوت
۲۰۸	۸-۶ وقتی که γ برابر با $1/4$ نباشد
۲۰۹	۹-۶ فرا جداول (انتخابی)
۲۱۱	۱۰-۶ خلاصه
۲۱۲	مسائل
۲۱۷	آزمون

فصل ۷ - موج ضربه‌ای متحرک و موج ضربه‌ای مایل ۲۱۹

۲۱۹	۱-۷ مقدمه
۲۱۹	۲-۷ اهداف
۲۲۰	۳-۷ برهم‌نیش سرعت قائم:
۲۲۰	موج‌های ضربه‌ای قائم متحرک
۲۲۴	۴-۷ برهم‌نیش سرعت مماسی: موج ضربه‌ای مایل
۲۳۰	۵-۷ واکاوی موج ضربه‌ای مایل - گاز کامل
۲۳۳	۶-۷ جداول و ترسیمه های موج ضربه‌ای مایل
۲۳۵	۷-۷ شرط مرزی جهت جریان
۲۴۰	۸-۷ شرط مرزی تعادل فشار
۲۴۲	۹-۷ موج‌های ضربه‌ای مخروطی
۲۴۶	۱۰-۷ (انتخابی) فرا ترسیمه ها
۲۴۷	۱۱-۷ خلاصه
۲۴۸	مسائل

آزمون ۲۵۴

فصل ۸ - جریان پراتنل - مایر ۲۵۷

۱-۸ مقدمه ۲۵۷

۲-۸ اهداف ۲۵۷

۳-۸ بحث در مورد جریان آیزنروپیک در حال چرخیدن ۲۵۸

تغییر فشار برای موج‌های ضربه‌ای قائم ۲۵۸

تغییر آنتروپی برای موجهای ضربه‌ای قائم ۲۵۹

تغییرات فشار و آنتروپی بر حسب زوایای انحراف برای موج‌های ضربه‌ای مایل ضعیف ۲۶۰

چرخش‌های آیزنروپیک از موج‌های ضربه‌ای بینهایت کوچک ۲۶۲

۴-۸ واکاوی جریان پراتنل - مایر ۲۶۵

۵-۸ تابع پراتنل - مایر ۲۶۹

۶-۸ شیپوردهای منبسط شده بیشتر و منبسط شده کمتر ۲۷۲

انعکاس‌های موج ۲۷۷

۷-۸ بال‌های هواپیمای مافوق صوت ۲۷۸

۸-۸ وقتی که γ برابر با $1/4$ نیست ۲۸۳

۹-۸ فرا جداول (انتخابی) ۲۸۴

۱۰-۸ خلاصه ۲۸۵

مسائل ۲۸۶

آزمون ۲۹۲

فصل ۹ - جریان فانو ۲۹۵

۱-۹ مقدمه ۲۹۵

۲-۹ اهداف ۲۹۵

۳-۹ واکاوی برای یک سیال عمومی ۲۹۶

پیوستگی ۲۹۷

انرژی ۲۹۷

نقطه حدی ۳۰۰

اندازه حرکت ۳۰۲

حجم معیار ۳۰۲

۴-۹ معادلات کاربردی برای یک گاز کامل ۳۰۳

انرژی ۳۰۳

معادله پیوستگی ۳۰۴

تغییر آنتروپی ۳۰۵

اندازه حرکت ۳۰۶

۵-۹ حالت مرجع و جداول فانو ۳۰۸

۳۱۴	۶-۹ کاربردها
۳۱۸	۷-۹ همبستگی با موج‌های ضربه‌ای
۳۲۱	۸-۹ خفگی اصطکاکی
۳۲۵	۹-۹ وقتی γ برابر با $1/4$ نیست
۳۲۶	۹-۱۰ فرا جداول (انتخابی)
۳۲۷	۹-۱۱ خلاصه
۳۲۸	مسائل
۳۳۵	آزمون

فصل ۱۰ - جریان رایلی

۳۳۷	۱-۱۰ مقدمه
۳۳۸	۲-۱۰ اهداف
۳۳۹	۳-۱۰ واکاوی برای یک سیال عمومی
۳۳۹	پیوستگی
۳۳۹	انرژی
۳۴۰	اندازه حرکت
۳۴۵	نقطه حدی
۳۴۹	۴-۱۰ معادلات کاربردی برای یک گاز کامل
۳۴۹	اندازه حرکت
۳۵۰	معادله پیوستگی
۳۵۱	شرایط سکون
۳۵۳	انرژی
۳۵۳	۵-۱۰ حالت مرجع و جداول رایلی
۳۵۶	۶-۱۰ کاربردها
۳۶۰	۷-۱۰ همبستگی با موج‌های ضربه‌ای
۳۶۳	۸-۱۰ حالت خفگی حرارتی
۳۶۷	۹-۱۰ وقتی γ برابر با $1/4$ نیست
۳۶۸	۱۰-۱۰ ماوراء جداول (انتخابی)
۳۶۹	۱۱-۱۰ خلاصه
۳۷۱	مسائل
۳۷۸	آزمون

فصل ۱۱ - آثار گاز واقعی

۳۸۱	۱-۱۱ مقدمه
۳۸۲	۲-۱۱ اهداف

۳-۱۱	واقعا جریان از چه قرار است.....	۲۸۳
۲۸۴	مدل میکروسکپی گازها.....	۲۸۴
۲۸۴	ساختار مولکولی.....	۲۸۴
۳۸۵	اثار غیر تعادلی در دینامیک گازها.....	۳۸۵
۴-۱۱	رفتار گاز نیمه کامل.....	۳۸۷
۳۸۷	توسعه جدول گاز.....	۳۸۷
۳۸۸	جدول گاز.....	۳۸۸
۳۹۲	خواص به دست آمده از معادلات.....	۳۹۲
۵-۱۱	رفتار گاز واقعی.....	۳۹۳
۳۹۳	معادلات حالت و ضرایب تراکم پذیری.....	۳۹۳
۳۹۴	معادلات حالت.....	۳۹۴
۳۹۵	نگارهای تراکم پذیری.....	۳۹۵
۶-۱۱	۷ متغیر - جریان های با سطح مقطع متغیر.....	۳۹۸
۳۹۸	محاسبات آیزنتروپیک.....	۳۹۸
۷-۱۱	۷ متغیر - جریان های با سطح مقطع ثابت.....	۴۰۷
۴۰۷	موج ضریبای ها.....	۴۰۷
۴۰۹	جریان های فانو.....	۴۰۹
۴۰۹	جریان های رایلی.....	۴۰۹
۸-۱۱	خلاصه.....	۴۰۹
مسائل		۴۱۲
آزمون		۴۱۳

فصل ۱۲ - سیستم های رانشی..... ۴۱۵

۱-۱۲	مقدمه.....	۴۱۵
۲-۱۲	اهداف.....	۴۱۶
۳-۱۲	چرخه برایتون.....	۴۱۷
۴۱۷	چرخه بسته اساسی.....	۴۱۷
۴۲۳	بهسازی چرخه.....	۴۲۳
۴۲۴	چرخه های واقعی.....	۴۲۴
۴۲۶	چرخه برایتون باز، برای سیستم های رانشی.....	۴۲۶
۴-۱۲	موتورهای رانشی.....	۴۲۷
۴۲۷	توربو جت.....	۴۲۷
۴۳۱	توربو فن.....	۴۳۱
۴۳۸	توربو پراپ.....	۴۳۸
۴۳۹	رم جت.....	۴۳۹
۴۴۳	پالس جت.....	۴۴۳
۴۴۵	پرتابه (راکت).....	۴۴۵

۴۴۷	۵-۱۲ پارامترهای عملکردی عمومی
۴۴۷	نیروی جلو برنده، توان، و بازده
۴۴۷	ملاحظات نیروی جلو برنده
۴۵۲	ملاحظات توان
۴۵۲	ملاحظات بازده
۴۵۴	۶-۱۲ سیستم‌های رانشی تنفس با هوا
۴۵۴	پارامترهای عملکرد
۴۶۰	۷-۱۲ سیستم‌های رانشی و اکنشی با تنفس هوا با در نظر گیری اثرات گاز واقعی
۴۶۱	۸-۱۲ سیستم‌های پرتابه رانشی عکس‌العملی
۴۶۱	پارامترهای عملکرد
۴۶۲	سرعت خروجی موثر
۴۶۲	محرك آبی ویژه
۴۶۵	۹-۱۲ پخش کن‌های مافوق صوت
۴۶۸	۱۰-۱۲ خلاصه
۴۷۰	مسائل
۴۷۵	آزمون
۴۷۷	ضمائم
۴۷۹	A - خلاصه سیستم واحدهای مهندسی انگلیسی (EE)
۴۸۲	B - خلاصه سیستم واحدهای جهانی (SI)
۴۸۵	C - جدول فاکتور اصطکاک
۴۸۶	D - جداول موج ضربه‌ای مایل ($\gamma = 1/4$) (دوبعدی)
۴۹۰	E - جداول موج ضربه‌ای مخروطی ($\gamma = 1/4$) (سه بعدی)
۴۹۴	F - جدول فاکتور قابلیت تراکم عمومی
۴۹۵	G - پارامترهای جریان آیزنتروپیک ($\gamma = 1/4$) (شامل تابع پراکتل - مایر)
۵۰۷	H - پارامترهای موج ضربه‌ای قائم ($\gamma = 1/4$)
۵۱۶	I - پارامترهای جریان ناتو ($\gamma = 1/4$)
۵۲۷	J - پارامترهای جریان رایلی ($\gamma = 1/4$)
۵۳۸	K - خواص هوا در فشار پایین
۵۴۵	L - گرماهای ویژه هوا در فشار پایین
۵۴۷	مراجع انتخابی
۵۴۹	جواب‌های مسائل

پیش گفتار مترجم

مهم ترین دلیل بر ترجمه این کتاب کمک به دانشجویی است که خواهان درک مفاهیم دنیای شیرین دینامیک گازها است. در این زمینه کتاب‌های زیادی وجود دارد ولی به عنوان کتاب درسی برای همگان قابل استفاده نیست. مطالعه این کتاب به خصوص به دانشجویانی توصیه می‌شود که اولین مطالعات خود را در زمینه دینامیک گازها شروع کرده‌اند. سبک نگارش کتاب، به نحوی است که خواننده ضمن آموختن مفاهیم به صورت تدریجی و غیر رسمی و موشکافانه، اعتماد به نفس پیدا می‌کند. با گنج‌آیدان مثال‌های متعدد در سرا سر کتاب و آزمون‌های آزمایشی و درج مسائل در پایان هر فصل، دانشجو در مسیر مطمئن فراگیری دینامیک گازها قرار می‌گیرد. پس از مطالعه دقیق این کتاب متوجه می‌شوید که معلومات شما در زمینه دینامیک گازها تا حدود زیادی نزدیک به دانشجویان سطوح عالی تر است.

این کتاب اولین تجربه کاری این جانب در ترجمه از انگلیسی به فارسی نیست، ولی طبیعی خواهد بود با همه کوشش ممتاز و ماهرانه نباشد. سعی من بر آن بوده است مفاهیم را به بیانی هر چه ساده تر و دور از بعضی قیود نالازم دست و پا گیر و اصطلاحات نا مأنوس، به دانشجویی که صرفاً طالب لذت آموختن دینامیک گازها است منتقل کنم.

در اینجا لازم است از همکار ارجمند و دانشمند جناب آقای دکتر محمد رضا مدرس رضوی که با مطالعه دقیق و بهسازی پیش نویس این ترجمه، عبارات و جملات این کتاب را هر چه روان‌تر کردند، سپاسگزاری شود.

از خانواده عزیزم شیدا و شروین که در سرا سر کار ترجمه این کتاب در کنارم بوده‌اند، عمیقاً تشکر می‌کنم.

دکتر اصغر برادران رحیمی

استاد گروه مکانیک - دانشکده مهندسی - دانشگاه فردوسی مشهد

مشهد - پائیز ۱۳۹۳