



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اصول دینامیک گازها

نویسندگان:

پبل بیچ، کالیفرنیا
مونتری، کالیفرنیا

رابرت دی. ذاکر
اسکار بیلارز

مترجمین:

دکتر محمدرضا علی گودرز

عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی

سید محمد وحید جلیلی

مرتضی نیازی

محمد سالاری کنگ

سر شناسنامه	: زوگر، رابرت دی، Zucker, Robert D.
عنوان و نام پدیدآور	: اصول دینامیک گازها / نویسندگان رابرت دی زوگر، اسکار بیبلارز؛ مترجمین محمدرضا علی‌گودرز ... [و دیگران]
وضعیت ویراست	: ویراست ۲.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	: ذ، ۴۷۰ ص: مصور، جدول، نمودار، ۲۹×۲۲ س م.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۹۴-۷۲-۹
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Fundamentals of gas dynamics. 2nd ed. C2002.
یادداشت	: مترجمین محمدرضا علی‌گودرز، مرتضی نیازی، سید محمدوحید جلیلی، محمد سالاری کنگ
یادداشت	: ویراست قبلی کتاب حاضر تحت عنوان «مبانی دینامیک گازها» ۱۳۷۰ توسط "استان قدس رضوی، معاونت فرهنگی" منتشر شده است.
یادداشت	: چاپ دوم.
یادداشت	: واژه نامه.
یادداشت	: نمایه.
عنوان دیگر	: مبانی دینامیک گازها.
موضوع	: گازها - دینامیک
موضوع	: Gas dynamics
شناسه افزوده	: بیبلارز، اسکار
شناسه افزوده	: Biblarz, Oscar
شناسه افزوده	: علی‌گودرز، محمدرضا، ۱۳۴۳-، مترجم
شناسه افزوده	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
شناسه افزوده	: Shahid Rajaei Teacher Training University
رده بندی کنگره	: QC۱۶۸/ز۹م۲ ۱۳۹۵
رده بندی دیویی	: ۵۳۳/۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۴۰۹۶۳۰

این کتاب در سال ۱۳۹۲ با تیراژ ۱۰۰۰ نسخه و بصورت دو جلدی به چاپ رسیده است



دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

عنوان	: اصول دینامیک گازها
ترجمه	: دکتر محمدرضا علی‌گودرز، عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، مرتضی نیازی، سید محمد وحید جلیلی، محمد سالاری کنگ
ویراستار ادبی	: شهرام طهماسبی
نوبت چاپ	: دوم، پاییز ۱۳۹۵
انتشارات	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
لیتوگرافی	: فرانقش
چاپ	: فردوس
طراح جلد	: شهرام طهماسبی
ناظر چاپ	: محمد معتمدی نژاد
کارشناس و صفحه‌آرا	: نیره فیروزی
شمارگان	: ۵۰۰ جلد
قیمت	: ۳۵۰/۰۰۰ ریال
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۹۴-۷۲-۹
	: ISBN: 978-600-6594-72-9

کلیه حقوق این اثر برای مؤلفان و مترجمان و دانشگاه تربیت دبیر شهیدرجائی محفوظ است.

نشانی: تهران، لویزان - کد پستی ۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸ - صندوق پستی ۱۶۳ - ۱۶۷۸۵ - تلفن: (۲۶۳۲) ۹ - ۲۲۹۷۰۰۶۰ - ۲۲۹۷۰۰۷۰
تلفکس: ۲۲۹۷۰۰۴۲، پست الکترونیکی: Publish@srutu.edu، وب سایت: http://Publish.srttu.edu

فهرست مطالب

خ	مقدمه مؤلف
ذ	مقدمه مترجمین
۱	فصل ۱ مروری بر قوانین اصلی
۱	۱-۱) مقدمه
۱	۲-۱) واحدها و نمادگذاری
۷	۳-۱) برخی مفاهیم ریاضی
۱۰	۴-۱) مفاهیم ترمودینامیکی برای تحلیل جرم کنترل
۱۸	سوالات مروری
۲۰	مسائل
۲۱	فصل ۲ تحلیل حجم کنترل (قسمت اول)
۲۱	۱-۲) مقدمه
۲۱	۲-۲) اهداف
۲۲	۳-۲) بعد جریان و سرعت متوسط
۲۵	۴-۲) تبدیل مشتق مادی به روش حجم کنترل
۲۹	۵-۲) بقای جرم
۳۱	۶-۲) بقای انرژی
۴۰	۷-۲) خلاصه
۴۱	مسائل
۴۴	آزمون

فصل ۳ تحلیل حجم کنترل (قسمت دوم)

۴۵	۱-۳ مقدمه
۴۵	۲-۳ اهداف
۴۶	۳-۳ تفسیر آنتروپی
۴۸	۴-۳ معادله انرژی- فشار
۴۹	۵-۳ مفهوم سکون
۵۳	۶-۳ معادله انرژی- فشار سکون
۵۵	۷-۳ اثرات دانسیته ثابت
۵۹	۸-۳ معادله مومنتوم
۶۷	۹-۳ خلاصه
۶۸	مسائل
۷۳	آزمون

فصل ۴ مقدمه‌ای بر جریان تراکم‌پذیر

۷۵	۱-۴ مقدمه
۷۵	۲-۴ اهداف
۷۶	۳-۴ سرعت صوت و عدد ماخ
۸۱	۴-۴ انتشار موج
۸۳	۵-۴ معادلات برای گازهای کامل بر حسب عدد ماخ
۸۹	۶-۴ نمودارهای $T - s$ و $h - s$
۹۰	۷-۴ خلاصه
۹۱	مسائل
۹۳	آزمون

فصل ۵ جریان آدیاباتیک با سطح مقطع متغیر

۹۵	۱-۵ مقدمه
۹۵	۲-۵ اهداف
۹۶	۳-۵ سیال عمومی- بدون تلفات
۱۰۱	۴-۵ گازهای کامل همراه با تلفات
۱۰۴	۵-۵ مفهوم مرجع *
۱۰۷	۶-۵ جدول آیزنتروپیک
۱۱۳	۷-۵ عملکرد نازل
۱۱۹	۸-۵ کارایی نازل

۱۲۱	عملکرد دیفیوزر (۹-۵)
۱۲۲	وقتی γ برابر $1/4$ نباشد (۱۰-۵)
۱۲۳	(اختیاری) فراتر از جداول (۱۱-۵)
۱۲۶	خلاصه (۱۲-۵)
۱۲۷	مسائل
۱۳۱	آزمون

فصل ۶ شوک‌های قائم ساکن

۱۳۳	مقدمه (۱-۶)
۱۳۳	اهداف (۲-۶)
۱۳۴	تجزیه و تحلیل شوک - سیال عمومی (۳-۶)
۱۳۶	معادلات کار برای گاز کامل (۴-۶)
۱۴۰	جدول شوک قائم (۵-۶)
۱۴۴	شوک در نازل‌ها (۶-۶)
۱۴۹	عملکرد تونل باد مافوق صوت (۷-۶)
۱۵۱	وقتی γ برابر $1/4$ نباشد (۸-۶)
۱۵۲	(اختیاری) فراتر از جداول (۹-۶)
۱۵۳	خلاصه (۱۰-۶)
۱۵۴	مسائل
۱۵۸	آزمون

فصل ۷ شوک‌های متحرک و شوک‌های مایل

۱۵۹	مقدمه (۱-۷)
۱۵۹	اهداف (۲-۷)
۱۶۰	اعمال سرعت قائم: شوک‌های قائم متحرک (۳-۷)
۱۶۳	اعمال سرعت مماسی: شوک‌های مایل (۴-۷)
۱۶۸	تحلیل شوک مایل: گاز کامل (۵-۷)
۱۶۹	جدول و نمودارهای شوک مایل (۶-۷)
۱۷۱	شرایط مرزی برای جهت جریان (۷-۷)
۱۷۵	شرایط مرزی تعادل فشار (۸-۷)
۱۷۷	شوک‌های مخروطی (۹-۷)
۱۷۹	(اختیاری) فراتر از جداول (۱۰-۷)
۱۸۰	خلاصه (۱۱-۷)

۱۸۱
۱۸۵

مسائل
آزمون

۱۸۷

فصل ۸ جریان پراتنل - مایر

۱۸۷
۱۸۷
۱۸۸
۱۹۴
۱۹۷
۲۰۰
۲۰۴
۲۰۷
۲۰۸
۲۰۹
۲۱۰
۲۱۴

(۱-۸) مقدمه
(۲-۸) اهداف
(۳-۸) جریان چرخشی آیزنتروپیک
(۴-۸) تحلیل جریان پراتنل - مایر
(۵-۸) تابع پراتنل - مایر
(۶-۸) نازل‌های با انبساط کم و زیاد
(۷-۸) ایرفویل‌های مافوق صوت
(۸-۸) وقتی γ برابر $1/4$ نباشد
(۹-۸) (اختیاری) فراتر از جداول
(۱۰-۸) خلاصه
مسائل
آزمون

۲۱۷

فصل ۹ جریان فانو

۲۱۷
۲۱۷
۲۱۸
۲۲۴
۲۲۸
۲۳۱
۲۳۵
۲۳۷
۲۴۰
۲۴۰
۲۴۱
۲۴۲
۲۴۷

(۱-۹) مقدمه
(۲-۹) اهداف
(۳-۹) تحلیل سیال عمومی
(۴-۹) معادلات کار برای گاز کامل
(۵-۹) حالت مرجع و جریان فانو
(۶-۹) کاربردها
(۷-۹) همبستگی با شوک
(۸-۹) خفگی اصطکاکی
(۹-۹) وقتی γ برابر $1/4$ نباشد
(۱۰-۹) (اختیاری) فراتر از جداول
(۱۱-۹) خلاصه
مسائل
آزمون

فصل ۱۰ جریان ریلی

۲۴۹	مقدمه (۱-۱۰)
۲۴۹	اهداف (۲-۱۰)
۲۵۰	تحلیل سیال عمومی (۳-۱۰)
۲۵۸	معادلات کار برای گاز کامل (۴-۱۰)
۲۶۲	حالت مرجع و جدول ریلی (۵-۱۰)
۲۶۴	کاربردها (۶-۱۰)
۲۶۷	همبستگی با شوک‌ها (۷-۱۰)
۲۷۰	خفگی حرارتی در اثر گرمایش (۸-۱۰)
۲۷۳	وقتی γ برابر $1/4$ نباشد (۹-۱۰)
۲۷۳	(اختیاری) فراتر از جداول (۱۰-۱۰)
۲۷۴	خلاصه (۱۱-۱۰)
۲۷۵	مسائل
۲۸۰	آزمون

فصل ۱۱ اثرات گاز حقیقی

۲۸۳	مقدمه (۱-۱۱)
۲۸۴	اهداف (۲-۱۱)
۲۸۴	تماس چيست (۳-۱۱)
۲۸۷	رفتار گاز شبه کامل، توسعه جدول گاز (۴-۱۱)
۲۹۲	رفتار گاز واقعی، معادلات حالت و فاکتورهای تراکم‌پذیری (۵-۱۱)
۲۹۵	جریان‌های با γ متغیر - سطح متغیر (۶-۱۱)
۳۰۱	جریان‌های با γ متغیر - سطح ثابت (۷-۱۱)
۳۰۴	خلاصه (۸-۱۱)
۳۰۶	مسائل
۳۰۷	آزمون

فصل ۱۲ سیستم‌های پیش‌رانه

۳۰۹	مقدمه (۱-۱۲)
۳۰۹	اهداف (۲-۱۲)
۳۱۰	سیکل برایتون (۳-۱۲)
۳۱۸	موتورهای پیش‌رانه (۴-۱۲)
۳۳۱	پارامترهای عملکرد عمومی، نیرو، توان و بازده (۵-۱۲)

۳۳۷	۶-۱۲) پارامترهای عملکرد سیستم‌های پیش‌رانه هوا تنفس
۳۴۱	۷-۱۲) سیستم‌های پیش‌رانه هوا تنفس برای ترکیب اثرات گاز حقیقی
۳۴۲	۸-۱۲) پارامترهای عملکرد سیستم‌های پیش‌رانه پرتاب موشک
۳۴۵	۹-۱۲) دیفیوزرهای مافوق صوت
۳۴۸	۱۰-۱۲) خلاصه
۳۴۹	مسائل
۳۵۲	آزمون

۳۵۵ منابع
۳۵۷ پاسخ سوالات

۳۶۹ فهرست پیوست‌ها

۳۷۱	A. خلاصه‌ای از واحدهای سیستم مهندسی انگلیسی (EE)
۳۷۵	B. خلاصه‌ای از واحدهای سیستم بین‌المللی (SI)
۳۷۹	C. نمودار ضریب اصطکاک
۳۸۱	D. نمودارهای شوک مایل ($\gamma=1.4$) (دو بُعدی)
۳۸۵	E. نمودارهای شوک مخروطی ($\gamma=1.4$) (سه بُعدی)
۳۸۹	F. نمودار ضریب تراکم‌پذیری تعمیم یافته
۳۹۱	G. پارامترهای جریان آیزنتروپیک ($\gamma=1.4$) (شامل تابع پراتل - مایر)
۴۰۳	H. پارامترهای شوک قائم ($\gamma=1.4$)
۴۱۳	I. پارامترهای جریان فانو ($\gamma=1.4$)
۴۲۵	J. پارامترهای جریان ریلی ($\gamma=1.4$)
۴۳۷	K. خصوصیات هوا در فشار پایین
۴۴۵	L. گرمای ویژه هوا در فشارهای پایین

۴۴۷ نمایه

مقدمه مؤلف

این کتاب برای دانشجویانی که قصد فراگیری اصول دینامیک گاز را دارند نوشته شده است و مخاطب آن دانشجویان دوره لیسانس می‌باشد، بنابراین خوانندگان باید پیش زمینه مختصری در این زمینه داشته باشند. سبک نوشتن کتاب حاضر به صورت غیر رسمی است و از ایده‌های تکنولوژی آموزشی همانند اهداف رفتاری، خلاصه‌های پر معنی و آزمون‌ها بهره گرفته است. این ویژگی‌ها آن را برای مطالعه پیش خود توسط دانشجویان مناسب ساخته است.

روش ما در این کتاب توسعه روابط اصلی بر مبنای معادلاتی است که برای حالت عمومی یک جریان ناپایدار و سه‌بعدی از یک سیال دلخواه معتبر می‌باشند. سپس این روابط برای مسائل مهندسی مهم شامل جریان‌های پایدار یک‌بعدی و دو‌بعدی ساده می‌شوند. همه جریان‌های داخلی و خارجی اصلی توسط مثال‌هایی که در متن کتاب آمده است مورد توجه قرار گرفته‌اند. تمرکز بر فرض‌های ایجاد شده در هر مرحله از تحلیل می‌باشد و سودمندی نمودار $T - S$ و اهمیت ترم‌های اتلافی وابسته نشان داده می‌شود.

مثال‌ها و مسائل ارائه شده، در هر دو واحد سیستم مهندسی انگلیسی و سیستم SI می‌باشند. همچنین مسائل از سطوح ساده تا سطوح پیچیده را شامل می‌شوند و همه جداول و نمودارهای ضروری برای حل آنها در پیوست‌های کتاب آورده شده است.

هدف استفاده‌کنندگان کتاب باید علاوه بر فراگیری مفاهیم اصلی، ایجاد مهارت‌های حل مسئله خوب نیز باشد. همچنین بعد از اتمام این کتاب، دانشجویان باید قادر باشند بسیاری از مراجع دیگر را که در ادامه بحث‌های مطرح شده می‌باشند، پیگیری نمایند.

پروفسور اسکار بیلارز به همراه رابرت دی. ذاکر همکاران ما در این ویرایش می‌باشند. هر دو آنها دینامیک گازها از این کتاب را برای سال‌های متمادی آموزش داده‌اند. این ویرایش شامل مباحث جدیدی می‌باشد که عبارتند از: (۱) مباحثی در مورد شوک‌های مخروطی، (۲) چندین بخش که نشان می‌دهد چگونه محاسبات کامپیوتری می‌تواند مفید باشد، و (۳) یک فصل کامل در مورد گازهای واقعی که شامل روش‌های ساده برای انجام این‌گونه مسائل است. این مباحث با حفظ اهداف و سبک کتاب، آن را کامل‌تر می‌کنند.

باید از کمک‌های پروفسور ریموند پی. شریو و پروفسور گارس وی. هابسون از آزمایشگاه پیشراانه توربین در دانشکده فوق‌لیسانس نیروی دریایی، بویژه در زمینه پیشراانه قدردانی نمایم. همچنین باید خاطر نشان کنیم که دانشجویان ما در تمام این سال‌ها انگیزه لازم برای خلق چنین کتابی را فراهم نموده‌اند. به طور ویژه، برای ویرایش اول، از ارنست لوئیس، آلن روسای و جوزف استرادا برای همکاری‌شان در ساعت‌های بعد از کلاس درس تشکر می‌کنیم. علاوه بر این از شرکت هوانوردی لاکهید مارتین، موتورهای هواپیمای جنرال الکتریک، هواپیمای پرت و ویتنی، شرکت بوئینگ و آزمایشگاه فیزیک بین‌المللی در انگلیس برای فراهم کردن عکس‌هایی که قسمت‌های مختلف کتاب را نشان می‌دهد قدردانی می‌کنیم. باید توجه داشت که سبک غیررسمی پیش‌بینی شده برای این کتاب، آن را به یک وسیله آموزشی مؤثر تبدیل نموده است.

پروفسور ذاکر خود را مدیون نیومن هال و اسچر شاپیرو که کتاب‌هایشان در زمینه معرفی جریان تراکم‌پذیر به او کمک کرده است، می‌داند. همچنین او از کمک‌های همسرش پالی در ویرایش دوم تشکر می‌کند.

رابرت دی. ذاکر – پیل بیچ، کالیفرنیا

اسکار بیلارز – مونتری، کالیفرنیا

مقدمه مترجمین

کتاب حاضر ترجمه کتاب "FUNDAMENTALS OF GAS DYNAMICS" تألیف رابرت دی. ذاکر و اسکار بیبلارز می‌باشد که با نام "اصول دینامیک گازها" منتشر گردیده و سعی شده به زبانی ساده، روان و قابل فهم برای استفاده دانشجویان عزیز و علاقه‌مندان به مبحث دینامیک گازها ترجمه شود.

با توجه به پیشرفت روز افزون علوم بخصوص در زمینه مهندسی مکانیک و به‌ویژه شاخه مربوط به طراحی و مطالعات سیستمی توربو ماشین‌ها بر آن شدیم کتابی را برای دانشجویان محترم منتشر کنیم که بتواند دانش آنها را در زمینه علم دینامیک گاز افزایش دهد. امروزه یکی از پر اهمیت‌ترین صنایع مبدل انرژی در جهان صنایع توربین و کمپرسور می‌باشد. در حقیقت یکی از تجهیزات اصلی مورد استفاده در صنایع نفت و گاز و نیرو، توربین‌ها و کمپرسورهای سانتریفوژ هستند. شاید یکی از پیچیده‌ترین مباحث مرتبط با طراحی چنین تجهیزاتی بحث‌های مرتبط با دینامیک گازی است که در این تجهیزات در حال حرکت می‌باشد. به همین دلیل با توجه به روند رو به رشد صنایع در کشور ما و بخصوص صنایع نفت و گاز و نیرو، پرداختن به چنین مباحثی لازم و ضروری به نظر می‌رسید. دلیل انتخاب این کتاب برای ترجمه، بیان ساده و پوشش کامل اکثر مباحث دینامیک گاز بود که توانسته آن را به کتابی جامع برای علاقه‌مندان این رشته تبدیل کند. در این کتاب همه مباحث به صورت مفهومی بیان گردیده و همچنین با مثال‌های مناسب باعث شده خواننده بتواند مطالب را به‌طور کامل درک نموده و در پایان با سؤال‌الاتی کاربردی خود را ارزیابی کند. امیدواریم که همه عزیزانی که این کتاب را مطالعه می‌نمایند بتوانند از آن به‌نحو احسن استفاده کنند. از آنجایی که هیچ کتابی کاملاً بدون نقص نمی‌باشد، از کلیه خوانندگان ارجمند استدعا می‌شود که در صورت مواجهه با نکته مبهم و نارسا آن را متذکر گردند تا به یاری خداوند متعال در چاپ‌های بعدی اصلاح شود. در پایان از همه عزیزانی که ما را در انجام این کار یاری کردند کمال تشکر را داریم.

دکتر محمدرضا علی‌گودرز

عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

مرتضی نیازی / سید محمد وحید جلیلی / محمد سالاری کنگ

