

مبانی پرواز



FUNDAMENTALS OF FLIGHT

www.ketab.ir

مهندس امین احمدی

انتشارات پندار پارس

سرشناسه	: احمدی، امین، ۱۳۷۱ -
عنوان و نام پدیدآور	: مبانی پرواز = Fundamentals of flight / امین احمدی.
مشخصات نشر	: تهران : پندار پارس ، ۱۳۹۶ .
مشخصات ظاهری	: ۵۶۴ ص.؛ مصور
شابک	: 978-600-8201-56-4
وضعیت فهرست نویسی	: قبا
موضوع	: هواپیماها
موضوع	: Airplanes
موضوع	: هواپیماها -- طرح و ساختمان
موضوع	: Airplanes -- Design and construction
موضوع	: هواپیماها -- ابزار و وسایل
موضوع	: Airplanes -- Equipment and supplies
رده بندی کنگره	: الف/۶۷۰۳TL۳م ۱۳۹۶
رده بندی دیویی	: ۶۲۹/۱۳۳۳۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۹۷۱۳۲۶

انتشارات پندار پارس



دفتر فروش: انقلاب، ابتدای دارگرچه، سی، کوی رشتچی، شماره ۱۴، واحد ۱۶ www.pendarepars.com
 تلفن: ۶۶۵۷۲۳۳۵ - تلفکس: ۶۶۵۰۰۲۶۵، ۰۹۲۱۴۳۷۱۹۶۴
 info@pendarepars.com

نام کتاب : مبانی پرواز

ناشر : انتشارات پندار پارس

تالیف : امین احمدی

چاپ نخست : آذر ماه ۹۶

شمارگان : ۵۰۰ نسخه

طرح جلد : زهرا یعسوبی

چاپ، صحافی : روز

قیمت : ۳۵۰۰۰ تومان

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۸۲۰۱-۵۶-۴

*هرگونه کپی برداری، تکثیر و چاپ کاغذی یا الکترونیکی از این کتاب بدون اجازه ناشر تخلف بوده و پیگرد قانونی دارد *

شکر و سپاس فراوان خدای را که توفیق عنایت فرمود تا این بنده حقیر در حد بضاعت خویش قدمی ناچیز در عرصه وسیع علم بردارم.

در میان تمام رشته‌هایی که به هر نحوی مرتبط با صنعت هواپیمایی هستند، توصیف رفتار و چگونگی پرواز هواپیما، مبحثی بسیار مهم و پایه به‌شمار می‌رود و در بین دروس مربوطه از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. متأسفانه نبود یک منبع جامع و مناسب به زبان فارسی در خصوص این مبحث، سبب گردیده تا دانشجویان به علاقه‌مندان، برای رفع نیازهای علمی خود به کتب زبان اصلی مراجعه کنند که همین امر، سبب کاست و کسر سرعت و سهولت در آموزش شده و در اکثر موارد نیز، خستگی ناشی از ترجمه متون اصلی، میل و رغبت خواندن کتاب را از خواننده دور می‌کند. این موضوع سبب گردید تا اینجانب با هدف پر کردن این خلاء آموزش، اقدام به نوشتن کتابی کنم که با جامع بودن خود، دانشجویان را تا حد امکان از مراجعه به کتب مختلف بی‌نیاز نماید.

کتابی که در حال حاضر پیش روی شما است، بیانگر توصیفی جامع از هواپیما و چگونگی پرواز آن می‌باشد که در نوشتن متن آن، سعی شده است تا حد امکان، مباحث مختلف پوشش داده شود و در کنار تصاویر متعدد، از سردرگمی ذهن خواننده در رابطه با فهم مفاهیم جلوگیری به عمل آید. مطالب کتاب نیز تا حد امکان با زبانی ساده و گویا به رشته تحریر درآمده تا ضمن فهم بهتر مطالب، رغبت خواندن کتاب در خواننده افزایش یابد.

از آن جهت که صنعت هواپیمایی جزو صنایع نوپا به‌شمار می‌رود و پیشرفت مطالب آموزشی در آن، هر روز در حال به‌روز رسانی است و از سویی دیگر، اکثر منابع موجود در رابطه با این صنعت به زبان انگلیسی است، لذا این صنعت رابطه مستقیمی با زبان انگلیسی و اصطلاحات تخصصی مخصوص به خود دارد. در همین راستا، خط مشی فکری در تألیف کتاب به گونه‌ای بوده که سعی بر آن باشد تا حد امکان، خواننده با کلمات تخصصی آشنا شود تا در صورت رجوع به منابع زبان اصلی، مشکلی نداشته باشد.

امید است این کتاب بتواند راهگشایی هرچند ناچیز در عرصه علم و دانش و راهنمایی مفید برای دانشجویان و علاقه‌مندان باشد.

فهرست مطالب

۲۱	۱.۱.۱. نمای کلی
۲۲	۱.۲. شروع ابتدایی
۲۲	۱.۲.۱. پرش از ارتفاع
۲۴	۱.۲.۲. بادبادک‌ها
۲۵	۱.۲.۳. بال‌های چرخان (Rotor wings)
۲۵	۱.۲.۴. بالون‌های هوای گرم
۲۶	۱.۲.۵. وره رنسانس
۲۸	۱.۳. سبک‌تر از هوا
۲۸	۱.۳.۱. پیدایش تنفس مدرن
۳۰	۱.۳.۲. بالون‌ها
۳۵	۱.۳.۳. کشتی‌های هوایی
۳۹	۱.۴. سنگین‌تر از هوا
۳۹	۱.۴.۱. قرن ۱۷ و ۱۸
۴۱	۱.۴.۲. قرن نوزدهم
۵۷	۱.۴.۳. لانگلی
۶۳	۱.۴.۴. وایت هد
۶۴	۱.۴.۵. برادران رایت
۷۱	۱.۵. عصر پیشتاز
۷۱	۱.۵.۱. پیشتازان اروپایی
۷۶	۱.۵.۲. پرواز به عنوان یک تکنولوژی رسمی
۷۹	۱.۵.۳. هلیکوپتر
۸۱	۱.۵.۴. کاربرد نظامی
۸۲	۱.۶. جنگ جهانی اول
۸۲	۱.۶.۱. نقشه‌های جنگی
۸۴	۱.۷. مابین جنگ‌های جهانی
۹۴	۱.۸. جنگ جهانی دوم
۹۹	۱.۹. دوره بعد از جنگ
۱۰۸	۱.۱۰. عصر دیجیتال

۱۱۳	۲.۱ تعاریف عمومی
۱۱۳	۲.۱.۱ طول
۱۱۳	۲.۱.۲ جرم
۱۱۴	۲.۱.۳ زمان
۱۱۴	۲.۱.۴ مساحت
۱۱۴	۲.۱.۵ حجم
۱۱۴	۲.۱.۶ سرعت
۱۱۴	۲.۱.۷ شتاب
۱۱۵	۲.۱.۸ تکانه
۱۱۵	۲.۱.۹ نیرو
۱۱۵	۲.۱.۱۰ انرژی
۱۱۵	۲.۱.۱۱ کار
۱۱۶	۲.۱.۱۲ توان
۱۱۶	۲.۱.۱۳ چگالی
۱۱۶	۲.۱.۱۴ دما
۱۱۷	۲.۱.۱۵ لزجت
۱۱۷	۲.۱.۱۶ مرکز ثقل
۱۱۸	۲.۱.۱۷ گشتاور
۱۱۹	۲.۱.۱۸ تنش
۱۲۰	۲.۱.۱۹ سیال
۱۲۰	۲.۱.۲۰ اصطکاک
۱۲۰	۲.۲ فشار
۱۲۱	۲.۲.۱ فشار استاتیک
۱۲۲	۲.۲.۲ فشار دینامیک
۱۲۲	۲.۲.۳ فشار کل
۱۲۳	۲.۳ نیروهای آیرودینامیکی
۱۲۳	۲.۴ باد نسبی (Relative wind)
۱۲۴	۲.۵ سرعت‌های هوایی (Airspeeds)
۱۲۴	۲.۵.۱ Indicated airspeed (IAS)
۱۲۵	۲.۵.۲ Calibrated airspeed (CAS)
۱۲۵	۲.۵.۳ Equivalent airspeed (EAS)
۱۲۵	۲.۵.۴ True airspeed (TAS)

۱۲۶	۲.۶. عدد ماخ
۱۲۶	۲.۷. اتمسفر
۱۲۷	۲.۷.۱. اتمسفر استاندارد بین‌المللی
۱۲۸	۲.۷.۲. اتمسفر واقعی
۱۳۰	۲.۸. تغییرات چگالی هوا
۱۳۰	۲.۸.۱. تأثیر دما بر چگالی هوا
۱۳۰	۲.۸.۲. تأثیر فشار بر چگالی هوا
۱۳۰	۲.۸.۳. تأثیر ارتفاع بر چگالی هوا
۱۳۰	۲.۸.۴. تأثیر رطوبت بر چگالی هوا
۱۳۱	۲.۹. قسین : رنون
۱۳۱	۲.۹.۱. قانون اول
۱۳۱	۲.۹.۲. قانون دوم
۱۳۱	۲.۹.۳. قانون سوم
۱۳۱	۲.۱۰. جریان سیال
۱۳۱	۲.۱۰.۱. خط مسیر ذره (Particle pathline)
۱۳۲	۲.۱۰.۲. خط جریان (Stream line)
۱۳۳	۲.۱۱. انواع جریان
۱۳۳	۲.۱۱.۱. جریان دائم و غیر دائم (Steady and unsteady flow)
۱۳۴	۲.۱۱.۲. جریان یکنواخت و غیر یکنواخت (Uniform and non-uniform flow)
۱۳۴	۲.۱۱.۳. جریان آرام و آشفته (Turbulent and laminar flow)
۱۳۵	۲.۱۱.۴. جریان تراکم‌پذیر و تراکم‌ناپذیر (Compressible and incompressible flow)
۱۳۶	۲.۱۱.۵. جریان ایده‌آل و واقعی (Ideal and real flow)
۱۳۶	۲.۱۱.۶. جریان یک بعدی
۱۳۶	۲.۱۲. تونل باد

۱۴۳	۳.۱. مقدمه
۱۴۴	۳.۲. نیروهای وارد بر هواپیما
۱۴۴	۳.۲.۱. نیروی وزن (Weight)
۱۴۴	۳.۲.۲. نیروی لیفت (Lift)
۱۴۴	۳.۲.۳. نیروی درگ (Drag)
۱۴۵	۳.۲.۴. نیروی تراست (Thrust)

۱۴۵	 ۳,۳ سازه‌های اصلی
۱۴۶	 ۳,۳,۱ بدنه (Fuselage)
۱۴۶	 ۳,۳,۲ سطوح کنترل (Control surfaces)
۱۴۶	 ۳,۳,۳ دم (Tail)
۱۴۶	 ۳,۳,۴ موتور (Power plant)
۱۴۶	 ۳,۳,۵ ارابه فرود (Landing gear)
۱۴۷	 ۳,۳,۶ بال (Wing)
۱۵۴	 ۳,۴ ایرفویل (Airfoil)
۱۵۵	 ۳,۴,۱ اصطلاحات ایرفویل (Airfoil terminology)
۱۵۸	 ۱,۱,۱ Mean aerodynamic chord (MAC)

۴. لیفت ۱۶۳

۱۶۵	 ۴,۱ مقدمه
۱۶۵	 ۴,۲ جریان هوای اطراف ایرفویل
۱۶۶	 ۴,۲,۱ بال دو بعدی و سه بعدی
۱۶۸	 ۴,۳ معادله پیوستگی
۱۷۰	 ۴,۴ قضیه برنولی
۱۷۳	 ۴,۵ لوله پیتوت (Pitot tube)
۱۷۵	 ۴,۶ ترکیب معادلات برنولی و پیوستگی
۱۷۸	 ۴,۷ گردابه‌های آغازین و مرزی
۱۸۲	 ۴,۸ استال (Stall)
۱۸۴	 ۴,۹ جابه‌جایی نقطه سکون
۱۸۴	 ۴,۱۰ توزیع فشار اطراف ایرفویل
۱۸۶	 ۴,۱۰,۱ اثر فشار دینامیک بر توزیع فشار
۱۸۷	 ۴,۱۰,۲ اثر زاویه حمله بر توزیع فشار
۱۸۹	 ۴,۱۱ گرادیان فشار
۱۹۰	 ۴,۱۲ مرکز فشار (Centre of pressure) (CP)
۱۹۱	 ۴,۱۲,۱ جابه‌جایی مرکز فشار
۱۹۳	 ۴,۱۳ گشتاور پیچشی (Pitching Moment)
۱۹۶	 ۴,۱۴ مرکز آیرودینامیکی (Aerodynamic Centre)
۱۹۸	 ۴,۱۵ ضریب نیروهای آیرودینامیکی

۱۹۹	 فشار دینامیک	۴،۱۵،۱
۱۹۹	 توزیع فشار	۴،۱۵،۲
۱۹۹	 مساحت سطح	۴،۱۵،۳
۲۰۰	 معادله اساسی لیفت	۴،۱۶
۲۰۲	 منحنی لیفت	۴،۱۷
۲۰۵	 رابطه سرعت و فشار دینامیک	۴،۱۸
۲۰۵	 عوامل مؤثر بر نیروی لیفت	۴،۱۹
۲۰۵	 عوامل محیطی	۴،۱۹،۱
۲۰۶	 بامل سطح مقطع ایرفویل	۴،۱۹،۲
۲۰۸	 عوامل وضعیت سطح بال	۴،۱۹،۳
۲۰۹	 مل شکل بال (Wing planform factor)	۴،۱۱،۴
۲۱۰	 گردابه‌های رگ بال پشت بال	۴،۲۰
۲۱۴	 جریان‌ها اطراف گردابه‌ها	۴،۲۰،۱
۲۱۵	 Induced downwash	۴،۲۰،۲
۲۲۰	 اغتشاشات جریان ناشی از حلقه (Wake turbulence)	۴،۲۱
۲۲۲	 حرکت گردابه‌ها در نزدیکی سطح زمین	۴،۲۱،۱
۲۲۳	 اثرات سطح زمین (Ground effects)	۴،۲۲
۲۲۳	 اثر سطح زمین بر گردابه‌ها	۴،۲۲،۱
۲۲۵	 اثر سطح زمین بر سطوح دم	۴،۲۲،۲

۲۳۱	 مقدمه	۵،۱
۲۳۳	 لایه مرزی (Boundary layer)	۵،۲
۲۳۶	 لایه مرزی حول ایرفویل	۵،۲،۱
۲۳۸	 عدد رینولدز	۵،۳
۲۳۹	 درگ اصطکاکی (Friction Drag)	۵،۴
۲۳۹	 عوامل مؤثر بر درگ اصطکاکی	۵،۴،۱
۲۴۰	 درگ شکل (Form drag)	۵،۵
۲۴۴	 درگ تداخلی (Interference drag)	۵،۶
۲۴۵	 درگ القایی (Induced drag)	۵،۷
۲۵۳	 فرمول درگ القایی	۵،۸

۲۵۳	۵,۹. روش‌های کاهش درگ القایی
۲۵۴	۵,۹,۱. اصلاحات نوک بال
۲۵۵	۵,۹,۲. مخروطی کردن بال
۲۵۶	۵,۹,۳. پیچش هندسی (Geometric twist)
۲۵۷	۵,۱۰. فرمول درگ
۲۵۹	۵,۱۱. درگ کل (Total drag)
۲۶۰	۵,۱۱,۱. عوامل مؤثر بر درگ کل
۲۶۲	۸,۱۲. نسبت نیروی لیفت به درگ

۶. کنترل

۲۶۵

۲۶۷	۶,۱. مقدمه
۲۷۱	۶,۲. عملکرد سطوح کنترل
۲۷۲	۶,۳. الویتور (Elevator)
۲۷۳	۶,۳,۱. عوامل مؤثر بر میزان گشتاور ناشی از الویتورها
۲۷۵	۶,۴. Stabilator
۲۷۶	۶,۵. رادر (Rudder)
۲۷۸	۶,۵,۱. عوامل اثرگذار بر میزان گشتاور تولیدی رادر
۲۷۹	۶,۶. الزون (Aileron)
۲۸۳	۶,۶,۱. Adverse aileron yaw
۲۸۶	۶,۷. سطوح کنترل ترکیبی
۲۸۶	۶,۷,۱. Elevon
۲۸۸	۶,۷,۲. Ruddervator
۲۸۹	۶,۸. گشتاور مفصلی (Hinge moment)
۲۹۰	۶,۹. بالانس آیرودینامیکی
۲۹۰	۶,۹,۱. Inset hinge
۲۹۱	۶,۹,۲. Horn balance
۲۹۳	۶,۹,۳. TABS
۲۹۶	۶,۱۰. Mass balance
۲۹۷	۶,۱۱. Trimming control system

۲۹۸.....	۶،۱۱،۱ روش‌های تربیم کردن
۳۰۵.....	Spoilers ۶،۱۲
۳۰۶.....	Roll spoiler ۶،۱۲،۱
۳۰۷.....	Flight spoilers ۶،۱۲،۲
۳۱۱.....	Ground spoilers (lift dump) ۶،۱۲،۳

۳۱۳

۷. استال

۳۱۵.....	۷،۱ مقدمه
۳۱۵.....	۷،۲ علت و جز آمدن استال
۳۱۷.....	۷،۳ هدایت جریان
۳۲۲.....	۷،۴ زاویه حمله استال (Stalling AOA)
۳۲۳.....	۷،۵ سرعت استال (Stall speed)
۳۲۴.....	۷،۵،۱ زاویه حمله (Angle of attack)
۳۲۵.....	۷،۵،۲ شکل هواپیما (Airplane configuration)
۳۲۶.....	۷،۵،۳ موتور (Engine)
۳۲۸.....	۷،۵،۴ وزن هواپیما (Weight)
۳۲۹.....	۷،۵،۵ مانور (Maneuvers)
۳۲۹.....	۷،۵،۶ موقعیت مرکز ثقل (CG position)
۳۳۰.....	۷،۵،۷ ارباب فرود (Landing gears)
۳۳۱.....	۷،۵،۸ Wing loading
۳۳۱.....	۷،۵،۹ آلودگی‌های بال (Wing contamination)
۳۳۵.....	۷،۶ شناسایی استال (Stall recognition)
۳۳۶.....	۷،۶،۱ وسایل هشدار دهنده استال
۳۴۱.....	۷،۷ اثر سطح مقطع بال بر استال
۳۴۲.....	۷،۸ اثر شکل بال بر استال
۳۴۳.....	۷،۸،۱ بال مستطیلی (Rectangular wing)
۳۴۵.....	۷،۸،۲ بال بیضی (Elliptical wing)
۳۴۵.....	۷،۸،۳ بال مخروطی (Tapered wing)
۳۴۶.....	۷،۸،۴ Sweepback wing
۳۴۸.....	۷،۹ روش‌های جلوگیری از استال
۳۴۹.....	۷،۹،۱ Washout
۳۵۰.....	۷،۹،۲ Leading edge slots

۳۵۱	Vortex generators	۷,۹,۳
۳۵۲	Wing fences (Boundary wing fences)	۷,۹,۴
۳۵۳	Saw tooth	۷,۹,۵
۳۵۳	Vortilon	۷,۹,۶
۳۵۴	Riblets	۷,۹,۷
۳۵۶	Super stall (Deep stall)	۷,۱۰
۳۵۸	Deep stall	۷,۱۰,۱
۳۵۹	Accelerated stall or 'g' stall	۷,۱۱
۳۶۰	(Secondary stall) ثانویه	۷,۱۲
۳۶۱	Spinning	۷,۱۲
۳۶۲	The incipient spin (Autorotation)	۷,۱۲,۱
۳۶۵	The fully developed spin	۷,۱۲,۲
۳۶۸	Recovery from stall	۷,۱۲,۳

۳۶۹ ۸. ابزارهای افزایش لیفت

۳۷۱	۸,۱ مقدمه	
۳۷۱	۸,۲ فلپ‌های لبه فرار (Trailing edge flaps)	
۳۷۲	Plain flap	۸,۲,۱
۳۷۳	Split flap	۸,۲,۲
۳۷۳	Slotted flap	۸,۲,۳
۳۷۴	Fowler flap	۸,۲,۴
۳۷۴	مقایسه فلپ‌های لبه فرار	۸,۲,۵
۳۷۶	اثر فلپ‌های لبه فرار بر زاویه استال	۸,۲,۶
۳۷۶	اثر فلپ‌های لبه فرار بر سرعت استال	۸,۲,۷
۳۷۷	درگ	۸,۲,۸
۳۷۸	نسبت نیروی لیفت به درگ	۸,۲,۹
۳۷۹	گشتاور پیچشی	۸,۲,۱۰
۳۸۱	استفاده از فلپ‌های لبه فرار برای نیک‌آف	۸,۲,۱۱
۳۸۱	اثر باز شدن فلپ‌ها در طول پرواز	۸,۲,۱۲
۳۸۲	استفاده از فلپ‌های لبه فرار در عمل لندینگ	۸,۲,۱۳
۳۸۴	۸,۳ فلپ‌های لبه حمله (Leading edge flaps)	
۳۸۴	Drooped leading edge flaps (Droop snoot)	۸,۳,۱
۳۸۵	Krueger flap	۸,۳,۲

۳۸۶	Variable camber leading edge flaps	۸,۳,۳
۳۸۶	اثر فلپ‌های لبه حمله بر زاویه استال	۸,۳,۴
۳۸۷	اثر فلپ‌های لبه حمله بر نیروی لیفت	۸,۳,۵
۳۸۸	Slot and Slat	۸,۴
۳۸۸	Leading edge Slot	۸,۴,۱
۳۸۸	Leading edge slats	۸,۴,۲
۳۹۱	Automatic slats	۸,۴,۳
۳۹۲	معایب اسلات	۸,۴,۴
۳۹۲	ترتیب در عملکرد	۸,۵
۳۹۲	Flap load relief system	۸,۶
۳۹۳	فعال‌سازی فلپ‌های لبه فرار	۸,۷
۳۹۷	۹. پایداری	
۳۹۹	۹,۱ مقدمه	
۳۹۹	۹,۲ پایداری استاتیکی (Static stability)	
۴۰۰	۹,۲,۱ پایداری استاتیکی مثبت	
۴۰۰	۹,۲,۲ پایداری استاتیکی خنثی	
۴۰۰	۹,۲,۳ پایداری استاتیکی منفی	
۴۰۱	۹,۳ محوره‌های مرجع هواپیما	
۴۰۱	۹,۳,۱ محور طولی (Longitudinal axis)	
۴۰۱	۹,۳,۲ محور قائم (Normal axis)	
۴۰۱	۹,۳,۳ محور جانبی (Lateral axis)	
۴۰۲	۹,۴ پایداری استاتیکی طولی (Static longitudinal stability)	
۴۰۵	۹,۴,۱ نقطه خنثی (Neutral point)	
۴۰۶	۹,۴,۲ حاشیه استاتیکی (Static margin)	
۴۰۸	۹,۴,۳ کنترل پذیری و تریم (Trim and controllability)	
۴۱۱	۹,۴,۴ نمایش منحنی پایداری طولی استاتیکی	
۴۱۳	۹,۴,۵ عوامل مؤثر بر پایداری استاتیکی طولی	
۴۲۴	۹,۴,۶ Power off stability	
۴۲۵	۹,۴,۷ Control force stability	
۴۳۱	۹,۴,۸ Manoeuver stability	
۴۳۳	۹,۴,۹ Stick force per "g"	
۴۳۸	۹,۴,۱۰ کنترل طولی (Longitudinal Control)	

۴۴۲	۹,۵ پایداری دینامیکی (Dynamic stability)
۴۴۷	۹,۵,۱ پایداری دینامیکی طولی (Longitudinal dynamic stability)
۴۵۱	۹,۶ کنترل و پایداری سمتی (Directional stability and control)
۴۵۱	۹,۶,۱ Sideslip angle
۴۵۲	۹,۷ پایداری استاتیکی سمتی (Directional static stability)
۴۵۴	۹,۷,۱ سهم اجزای هواپیما
۴۶۱	۹,۷,۲ شرایط بحرانی
۴۶۱	۹,۷,۳ موقعیت مرکز ثقل
۴۶۲	۹,۱ زاویه حمله بالا
۴۶۲	۹,۸ کنترل و پایداری جانبی (Lateral stability and control)
۴۶۳	۹,۸,۱ تعریف
۴۶۴	۹,۹ پایداری استاتیکی جانبی (Static lateral stability)
۴۶۶	۹,۹,۱ تأثیر اسپین در پایداری
۴۷۵	۹,۱۰ Spin Divergence
۴۷۷	۹,۱۱ Dutch Roll
۴۷۸	۹,۱۲ Raw damper system

۱۰ پرواز مافوق صوت

۴۸۳	۱۰,۱ مقدمه
۴۸۳	۱۰,۱,۱ سرعت صوت
۴۸۴	۱۰,۱,۲ عدد ماخ (Mach number)
۴۸۷	۱۰,۱,۳ تقسیمات جریان‌های آیرودینامیکی
۴۸۹	۱۰,۲ انتشار موج‌های فشاری
۴۹۱	۱۰,۳ موج ضربه‌ای قائم (Normal Shock Wave)
۴۹۲	۱۰,۴ عدد ماخ بحرانی (Critical Mach number)
۴۹۳	۱۰,۴,۱ عبور از عدد ماخ بحرانی
۴۹۵	۱۰,۵ توزیع فشار
۴۹۸	۱۰,۶ مشخصات موج ضربه‌ای
۴۹۹	۱۰,۷ موج مایل (Oblique wave)
۵۰۰	۱۰,۸ اثرات شکل‌گیری موج ضربه

۵۰۱	 اثر موج ضربه بر نیروی لیفت : ۱۰،۸،۱
۵۰۲	 اثرات موج ضربه‌ای بر شیب منحنی لیفت و CL_{MAX} ۱۰،۸،۲
۵۰۴	 اثر موج ضربه‌ای بر نیروی درگ ۱۰،۸،۳
۵۱۰	 Buffet ۱۰،۹
۵۱۲	 Load factor ۱۰،۹،۱
۵۱۲	 Mach number ۱۰،۹،۲
۵۱۳	 Angle of attack ۱۰،۹،۳
۵۱۵	 Weight ۱۰،۹،۴
۵۱۵	 CG Position ۱۰،۹،۵
۵۱۶	 The Buffet Margin ۱۰،۱۰
۵۱۶	 Use of the Onset Chart ۱۰،۱۱
۵۱۹	 ۱۰،۱۲ تاخیر و یا کاهش در اثرات فشرددگی ۱۰،۱۲
۵۱۹	 (Wing section) مقاطع بال ۱۰،۱۲،۱
۵۲۰	 Sweepback ۱۰،۱۲،۲
۵۲۳	 Vortex generator ۱۰،۱۲،۳
۵۲۴	 (Area rule) قانون مساحت ۱۰،۱۲،۴
۵۲۸	 Mach trim ۱۰،۱۲،۵
۵۲۹	 (Supercritical airfoil) ایرفویل فوق بحرانی ۱۰،۱۲،۶
۵۳۱	 (Aerodynamic heating) گرمایش آیرودینامیکی ۱۰،۱۳
۵۳۲	 (Mach angle) زاویه ماخ ۱۰،۱۴
۵۳۴	 (Mach cone) مخروط ماخ ۱۰،۱۵
۵۳۴	 (Zone of Influence) منطقه تأثیرپذیر ۱۰،۱۵،۱
۵۳۵	 (Bow Wave) موج کمانی ۱۰،۱۶
۵۳۷	 (Expansion waves) موج‌های انبساطی ۱۰،۱۷
۵۳۹	 Sonic Bang ۱۰،۱۸
۵۴۰	 Sweepback – Fact sheet ۱۰،۱۹