

AKIŞKAN MÜHENDİSLİĞİ

Uçak Aerodinamiği: Akışkanın uçak uygulamasındaki rolleri

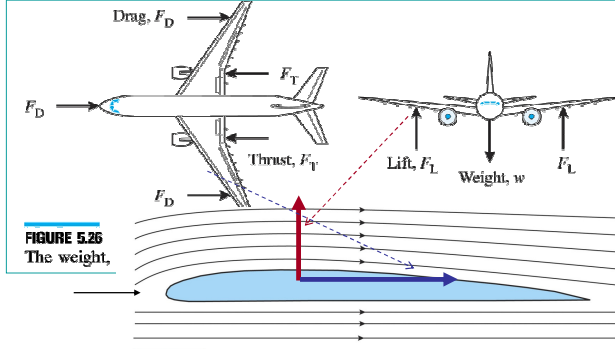
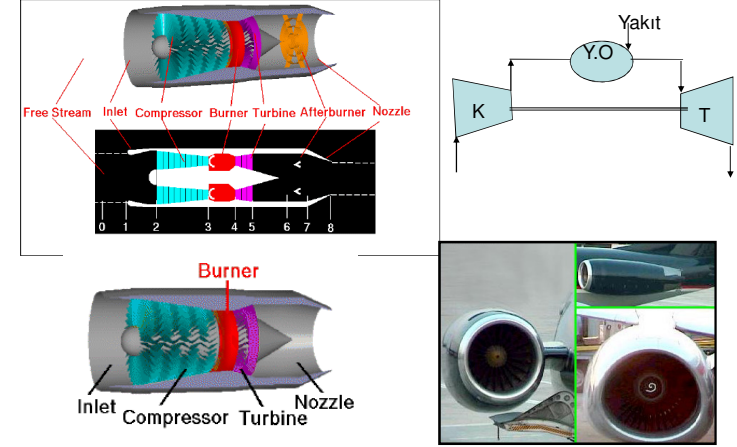


FIGURE 5.26
The weight,

FIGURE 5.31
Flow pattern around the cross section of an airfoil.

1

Jet Motoru



İçerik:

- Giriş ve genel bilgiler
- Akışkan özellikleri
- Basınç ve Buoyancy kuvveti
- Laminer ve türbülans akım
- Borularda akış
- Direnç ve kaldırma kuvvetleri

Akışkanlar Mühendisliği

1. Giriş ve genel bilgiler

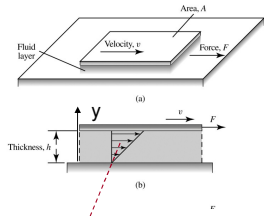
Bu bölümde çeşitli mühendislik uygulamalarında;
Aerodinamik-hidrodinamik,
Enerji üretimi,
Biyomühendislik,
Boru ve kanal akımları,
Mikrokanallar,
Sportif uygulamalar,
akışkanların işlediği rollerler ile ilgili genel bilgi verilecektir.

Akışkanlar, gazlar ve sıvılar diye iki kısma ayrılır.
Ayrıca hareketsiz(, statik) ve hareketli (dinamik)
olmak üzere iki farklı uygulama alanından da
bahsedilir.

Akış problemleri, hareketsiz bir akış ortamında hareket eden sistemler, uçak- otomobil gibi, ile hareketsiz sistemler etrafında hareketli akışkanlar, bina-köprü etrafındaki akım gibi, ikli farklı prblemle karşılaşılır.

Hidrodinamik; sıvı akışkan problemleriyle
Aerodinamik; gaz akışkan problemleriyle ilgilenir.

Tanım: Akışkan en küçük kayma gerilmesi etkisinde deforme olabilen madde şekli olarak tanımlanır.



$$\tau \approx du/dy$$

Akışkanlar;

- Sıvılar
- Gazlar
- Sıkıştırılmayan Ak.
- Sıkıştırılabilen Ak.
- Mükemmel Ak.
- Gerçek(viskoz) Ak.
- Newtonumsu Ak.
- Newtonumsu Olm. Ak.

2.Akışkan Özellikleri.

Probleme göre akışkanların bazı özellikleri önemli olurken bazı özellikler ikinci dereceden önemli olabilir.

Akışkanların üç termodinamik özelliği;

$$h=h(P,T)$$

i) Basınç, P..... (Pa)

$$s=s(P,T)$$

ii) Sıcaklık, T.....(K)

$$u=u(P,T)$$

iii) Yoğunluk, ρ(kg/m³)

$$C_p=C_p(P,T)$$

Akış ortamında enerji transferi söz konusu ise;

iv) Entalpi, h.....kJ/kg

v) İç enerji, u.....kJ/kg

vi) Entropi, s.....kJ/kgK

vii) Özgül ısılar, C_p veya C_vkJ/kgK

Akış ortamında sürtünme ve ısı transferi söz konusu ise;

viii) Viskozite, μkg/ms

ix) Termal iletkenlik katsayısı, kW/mK

Kılçallık özelliği,

Yüzey gerilmesi,

Buharlaşma basıncı,

Kavitasyon,

Akışkanların sıkışılabilir özelliği;

Akışkanlar, basınç kuvveti etkisi altında yoğunlukları değişebilir. Böyle akışkanlara sıkıştırılmayan akışkanlar denir.

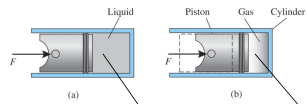


FIGURE 54 (a) For most practical purposes in engineering, liquids are incompressible and retain their original volume when forces act on them. (b) The gas within the cylinder is compressed by the piston and force F.

Tanım: Bulk Modülü

$v \rightarrow dP \rightarrow dv$ azalıyorsa,

$$B = -dP/(dv/v) \dots (\text{Pa})$$

$$= dP/(d\rho/\rho) \dots (\text{Pa})$$

B değeri sıvılar için küçük, gazlar için yüksektir.

$$\text{Ses Hızı, } c = (B/\rho)^{1/2}, \text{ Mah sayısı, } Ma = v/c$$

Akışkanların sıkışılabilir özelliği Mah sayısı ile denklemlere taşınır. $Ma < 0.3$ için akışkan sıkıştırılmaz kabul edilebilir.

Önemli:

- $Ma < 0.3$: Incompressible
- $Ma < 1$: Subsonic
- $Ma = 1$: Sonic
- $Ma > 1$: Supersonic
- $Ma \gg 1$: Hypersonic

Cidar Şartı (No-slip condition):

Mikroskopik düzeyde, akışkan ile akışkanın temas ettiği yüzey ya da cidar arasında izafi hareketin olmadığı kabul edilir.

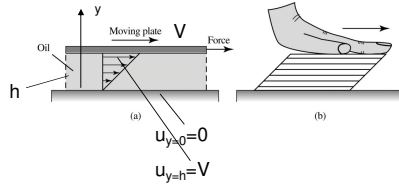


FIGURE 5.5

(a) A layer of oil is sheared between a moving plate and a stationary surface. (b) The shearing motion of the fluid is conceptually similar to a deck of cards that is pressed and slid between one's hand and a tabletop.

Kayma Gerilmesi ve Viskozite:

Yüzeyin akışkana temas noktasında;
 $\tau = F/A$ (N/m^2) :Kayma gerilmesi
 du/dy : Hız gradyanı

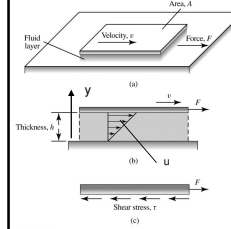


FIGURE 5.7

(a) A fluid layer is sheared between a stationary surface and a moving plate. (b) The velocity of the fluid changes across its thickness. (c) The applied force is balanced by the shear stress exerted on the plate by the fluid.

Akışkan ortamında;
 $\tau \approx du/dy$ ve $\tau = \mu du/dy = \mu V/h$
 μ (dinamik viskozite)..kg/ms (Nm^2/s)
 $\nu = \mu/\rho$ (kinematik viskozite).... m^2/s^2

$\mu = \text{sabit}$ Newtonumsu akışkan akışkan
 $\mu \neq \text{sabit}$ Newtonumsu olmayan akışkan

Tanım: Viskozite akışkanların yapışkanlık özelliği olup, akışkanın kayma gerilmesine karşı göstermiş oldukları dirençtir.

Bazı Akışkanların yoğunluk ve viskoziteleri:

Viskozite birimi;

μ - kg/ms (veya Nm^2/s) veya Poise, 1 P = 1 gr/ cm s

Dönüşüm: 1 P = 0.1 kg/ms

ν - m^2/s^2 veya Stoke, 1 S = 1 cm^2/s

TABLE 5.1
Density and Viscosity Values for Several Gases and Liquids at Room Temperature and Pressure

Fluid	Density, ρ		Viscosity, μ	
	kg/m^3	$slug/ft^3$	$kg(m \cdot s)$	$slug(ft \cdot s)$
Air	1.20	2.33×10^{-3}	1.8×10^{-5}	3.8×10^{-7}
Helium	0.182	3.53×10^{-4}	1.9×10^{-5}	4.1×10^{-7}
Freshwater	1000	1.94	1.0×10^{-3}	2.1×10^{-5}
Seawater	1026	1.99	1.2×10^{-3}	2.5×10^{-5}
Gasoline	680	1.32	2.9×10^{-4}	6.1×10^{-6}
SAE 30 oil	917	1.78	0.26	5.4×10^{-3}

3. Basınç ve Kaldırma Kuvveti(Buoyancy):

Akışkan ortamında akışkan cisimle etkileştiğinde ortamda ; Drag, Lift ve KaldırmaKuvveti (Buoyancy Force) oluşur.

Drag ve Lift izafi hareketten, kaldırma kuvveti ise basınç farkından oluşur.

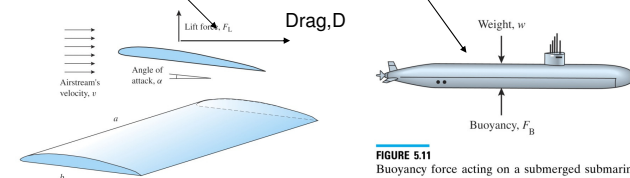


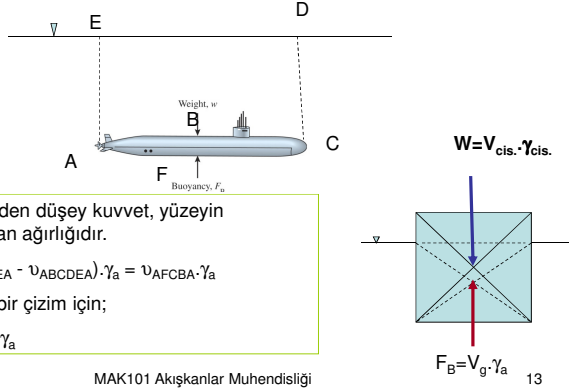
FIGURE 5.10

The lift force is created as fluid flows past an airfoil that is inclined by the angle of attack α .

FIGURE 5.11

Buoyancy force acting on a submerged submarine.

Kaldırma Kuvveti(Buoyancy force):



Bir yüzeye etki eden düşey kuvvet, yüzeyin üzerindeki akışkan ağırlığıdır.

$$F_B = (V_{AFCDEA} - V_{ABCDEA}) \cdot \gamma_a = V_{AFCBA} \cdot \gamma_a$$

Kısmen gömülü bir cisim için;

$$F_B = V_{gömülü} \cdot \gamma_a$$

MAK101 Akışkanlar Muhendisliği

13

Basınç:

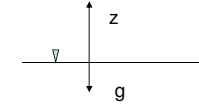
Basınç birim yüzeye etki eden kuvvet olarak tanımlanır.

$$P = F/A$$

Durgun akışkan ortamlarında(hidrostatikte), z yukarı yönlü düşey doğrultuyu göstermek üzere, basınç dağılımı;

$$dP/dz = -\rho g \quad (\text{Hidrostatik'in temel denklemi})$$

denklemlerle verilir. İntegrasyon için $\rho = \rho(P, T)$ bilinmelidir.



Basınç derinlik ve yoğunlukla orantılı olarak değişir.

MAK101 Akışkanlar Muhendisliği

14

Şekilde ele alınan elemanın düşey yönde kuvvet dengesi;

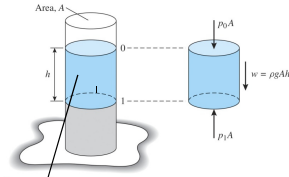


FIGURE 5/10
Equilibrium of a beaker filled with liquid. Pressure increases with depth because of the weight of the fluid above.

Sıvılarda(ρ sabit) basınç derinlik yönünde lineer olarak artar.

Şekilde elemanın kuvvet dengesi yazılırsa ;

$$P_0 A + W = P_1 A, \quad W = A \cdot h \cdot \rho g \text{ yazılırsa } P_1 = P_0 + \rho g h = P_0 + \gamma h$$

Basınç Birimi: SI sisteminde basınç birimi pascaldır. **1P=1 N/m²**

İngiliz sisteminde psi dir.

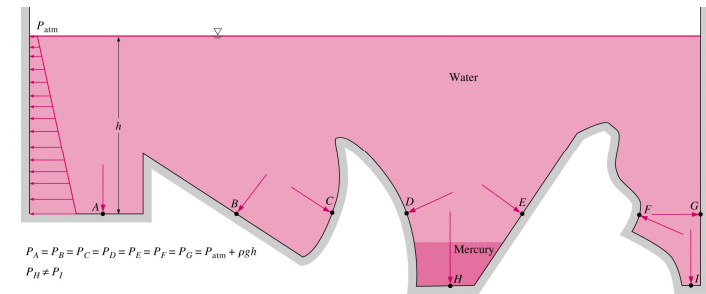
1 psi= 1lbf/inç²

MAK101 Akışkanlar Muhendisliği

15

-Akışkanlarda basınç akışkanın bulunduğu hazne geometrisine bağlı değildir.

-Verilen akışkan içerisinde yatay düzlemde her noktadaki basınç birbirine eşittir.



$$P_A = P_B = P_C = P_D = P_E = P_F = P_G = P_{atm} + \rho g h$$

$$P_H \neq P_I$$

MAK101 Akışkanlar Muhendisliği

16

4. Laminer ve Türbülans Akış:

Akış hızı bağılı olarak;

- Küçük hızlarda moleküller birbirine paralel yörüngeler çizerler. Bu akışa LAMİNER akış denir.
- Hız arttıkça moleküller akış yönü ile beraber akışa dik yönde de hız kazanırlar. Bu akışa TÜTBÜLANSLI akış denir.

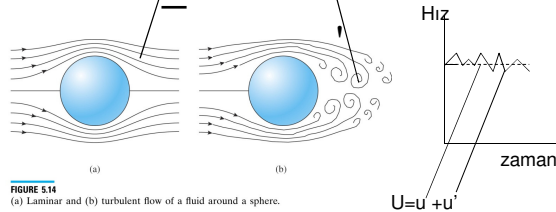


FIGURE 5.14 (a) Laminar and (b) turbulent flow of a fluid around a sphere.

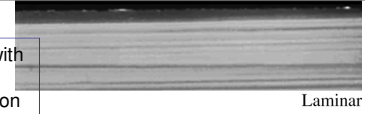
Türbülanslı akışta akım ortamında adına Reynolds gerilmeleri deney ilave gerilmeler oluşur.

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} - \rho u'v'$$

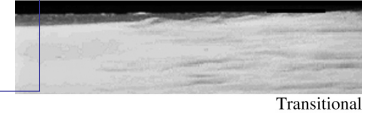
MAK101 Akışkanlar Muhendisliği

17

- Laminar**: highly ordered fluid motion with smooth streamlines.
- Turbulent**: highly disordered fluid motion characterized by velocity fluctuations and eddies.
- Transitional**: a flow that contains both laminar and turbulent regions



Laminar



Transitional



Turbulent

Bir akışın laminer veya türbülanslı olup olmadığı boyutsuz büyüklük olan Reynolds sayısı belirler.
Re = (VL)/ν... (Atalet kuv./Viskoz kuv.)

- V : Akış hızı
- L : Karakteristik uzunluk,
- ν : Kinematik viskozite

MAK101 Akışkanlar Muhendisliği

18

5. Boru ve Kanallarda Akış:

Boru ve kanallarda akış bir çok mühendislik uygulamasında;

- Su-gas-hava dağıtım sistemleri,
- İnsan vücudu sirkülasyon sistemleri (damarlarda kan akışı, solunum sistemi),

karşımıza çıkmaktadır. Bu akış ortamlarında **basınç**, **viskozite** ve akışın **Reynolds sayısı** önemli parametrelerdir.

Bir kanal akımında akış ortamında;

- basınç kuvvetleri**,
- atalet kuvvetleri**,
- viskoz kuvvetler**,

arasında bir denge vardır. Akış kanalda yüksek basınçlı noktadan düşük basınçlı noktaya doğrudur.

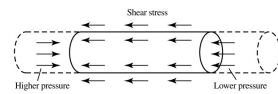


FIGURE 5.16 Free body diagram of a volume of fluid within a pipe. The pressure difference between two locations balances the viscous shear stresses between the fluid and the pipe's inner surface. The fluid is in equilibrium, and it moves with a constant speed.

MAK101 Akışkanlar Muhendisliği

19

Basınç akış yönünde azalır-Pressure drop

Re < 2000 için akışın laminer olduğu kabul edilir.

Laminer bir boru akımında hız profili parabolik olup

$$v = v_{\max} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right)$$

denklemleri ifade edilir.

Türbülanslı akışta

$$v(r) = v_{\max} \left(1 - \frac{r}{R} \right)^{1/7}$$

denklemleri verilir.

Laminer akış için; $v_{\max} = 2v_{ort}$

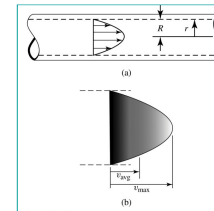


FIGURE 5.17 Steadily laminar flow of a fluid in a pipe. The fluid's velocity is the greatest along the pipe's centerline, changes parabolically over the cross section, and falls to zero on the surface of the pipe.

MAK101 Akışkanlar Muhendisliği

20

L uzunluğunda oluşan basınç kaybı:

$$\Delta P = v_{\max} \frac{16\mu L}{d^2} = v_{\text{ort}} \frac{32\mu L}{d^2}, \quad \text{Re} < 2000$$

D boru çapı
L boru boyu
 μ Akışkan viskozitesi

$q = v_{\text{ort}} A$ tanımı kullanılarak ve $A = \frac{\pi d^2}{4}$

$$q = \frac{\pi d^3 \Delta P}{128\mu L}$$

Bu denkleme **Poiseuille Kanunu Denklemi** denir.

Hacimsal debi (Volumetric flow rate):

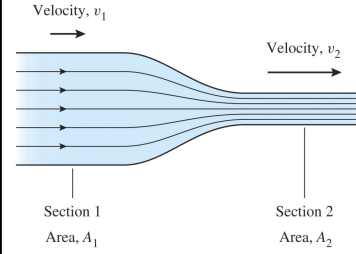
$$q = \frac{\Delta V}{\Delta t} \dots (m^3/s) \text{ veya } (lt/s)$$

ingiliz sisteminde; ft^3/s

MAK101 Akışkanlar Muhendisliği

Kütlenin Korunumu Prensibi:

Kütleli debi akış kanalı boyunca sabittir. Eğer yoğunluk sabitse akış boyunca hacimsal debi de sabittir.



$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$$

$$m_1 = m_2 = m$$

$\rho = \text{sabit için}$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

FIGURE 5.19 Fluid flow in a pipe having a constriction.

MAK101 Akışkanlar Muhendisliği

22

6. Direnç Kuvveti (Drag):

Bir akışkan ortamında hareket eden sistemlere; otomobil, uçak, roket ve diğer araçlar, hareket yönüne **paralel** olarak etki eden kuvvete **direnç kuvveti** ya da **drag** akışa **dik** kuvvete kaldırma **kuvveti** ya da **Lift** adı verilir.

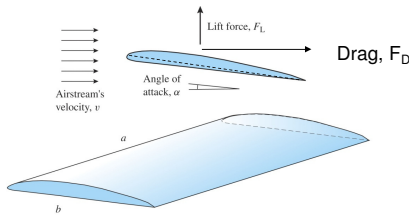


FIGURE 5.30 The lift force is created as fluid flows past an airfoil that is inclined by the angle of attack α .

MAK101 Akışkanlar Muhendisliği

23

Drag ve Lift kuvvetleri;

$$F_D = \frac{1}{2} \rho A V^2 C_D$$

C_D : Drag katsayısı
 C_L : Lift katsayısı
A: Referans alan

$$F_L = \frac{1}{2} \rho A V^2 C_L$$

Referans alanı olarak dikkesit alanı veya yüzey alanı seçilebilir.

MAK101 Akışkanlar Muhendisliği

24

Küreye etki eden drag kuvveti;

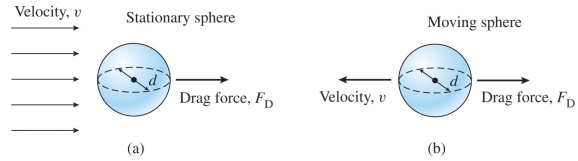


FIGURE 5.21

The drag force depends on the relative velocity between a fluid and an object. (a) Fluid flows past a stationary sphere and creates the drag force F_D . (b) The fluid is now stationary and the sphere moves through it.

Dik kesit alanı referans alınarak sistemlerin C_D değerleri;

TABLE 5.4
Numerical Values of the Drag Coefficient and Frontal Area for Different Systems

System	Frontal Area, A		Drag Coefficient, C_D
	ft ²	m ²	
Economy sedan (60 mph)	20.8	1.9	0.34
Sports car (60 mph)	22.4	2.1	0.29
Sport-utility vehicle (60 mph)	29.1	2.7	0.45
Bicycle and rider (racing)	4.0	0.37	0.9
Bicycle and rider (upright)	5.7	0.53	1.1
Person (standing)	6.7	0.62	1.2

C_D değerleri geometri ile beraber akımın Re sayısına bağlıdır.

Küre için bu değişim;

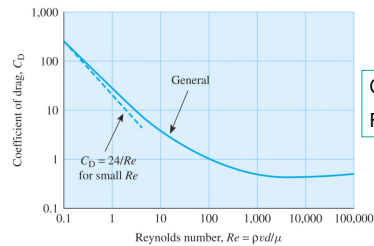


FIGURE 5.22

Dependence of the drag coefficient for a smooth sphere on the Reynolds number (solid line), and the value predicted for low Re from Equation (5.15) (dashed line).

$$C_D = 24/Re, \quad Re < 1 \text{ için}$$

$$F_D = 3\pi\mu dV$$

Kaldırma Kuvveti (Lift):

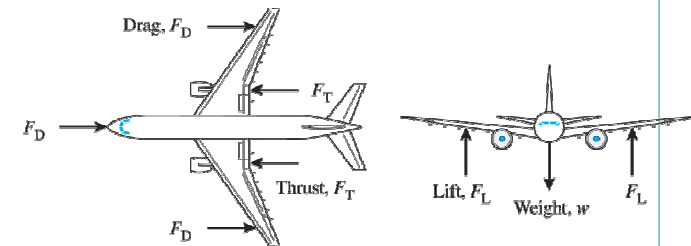


FIGURE 5.26

The weight, thrust, lift, and drag forces acting on an airplane.

C_D ve C_L karakteristikleri;

Sisteme etki eden direnç ve kaldırma kuvvetleri (drag ve lift) rüzgar tüneli deneyleri ile elde edilir.

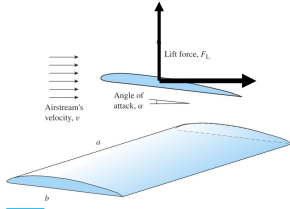


FIGURE 5.30 The lift force is created as fluid flows past an airfoil that is inclined by the angle of attack α .

$$C_D = C_D(\text{geometri}, \alpha)$$

$$C_L = C_L(\text{geometri}, \alpha)$$

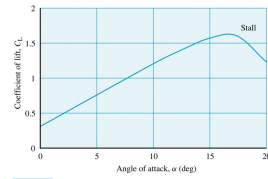


FIGURE 5.31 Coefficient of lift for a type of airfoil that could be used in a small single-engine aircraft.

Enerji denklemi;

Akış ortamında basınç enerjisi, kinetik enerji ve elevasyon(düşü) enerjisi arasındaki ilişki Bernoulli denklemi ile ifade edilir.

$$\frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2} + gh = C \text{ veya } \frac{P}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + h = C$$

Düşü enerjisi ihmal edilerek Bernoulli denklemi;

$$\frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2} = \text{Sabit}$$

Kanat etrafındaki akımda kaldırma kuvveti;

$$\frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2} = \text{Sabit}$$

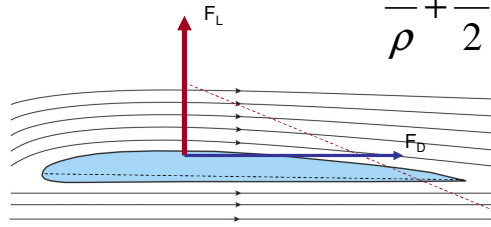


FIGURE 5.31 Flow pattern around the cross section of an airfoil.

$$V_{\bar{u}} > V_a \rightarrow P_{\bar{u}} < P_a \rightarrow \text{Lift}$$

C_L değişimi;

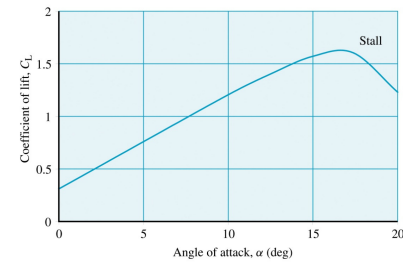


FIGURE 5.32 Coefficient of lift for a type of airfoil that could be used in a small single-engine aircraft.

ÖZET:

i) Büyüklükler ve Birimleri:

TABLE 5.5
Quantities,
Symbols, and
Units that Arise
in Fluids
Engineering

Quantity	Conventional Symbols	Conventional Units	
		USCS	SI
Force			
Weight	w	lb	N
Buoyancy	F_B	lb	N
Drag	F_D	lb	N
Lift	F_L	lb	N
Pressure	p	psi, psf	Pa
Density	ρ	slug/ft ³	kg/m ³
Viscosity	μ	slug/(ft·s)	kg/(m·s)
Velocity	v, v_{avg}, v_{max}	ft/s	m/s
Length			
Characteristic length	l	ft	m
Pipe length	L	ft	m
Area	A	ft ²	m ²
Volume	$V, \Delta V$	gal, ft ³	L, m ³
Volumetric flow rate	q	gal/s, ft ³ /s	L/s, m ³ /s
Shear stress	τ	psi	Pa
Time interval	Δt	s	s
Reynolds number	Re	—	—
Coefficient of drag	C_D	—	—
Coefficient of lift	C_L	—	—
Mach number	Ma	—	—

ii) Bağıntılar ve Denklemler

TABLE 5.6
Key Equations
that Arise in
Fluids
Engineering

Shear stress	$\tau = \mu \frac{v}{h}$
Pressure	$p_1 = p_0 + \rho gh$
Weight	$w = \rho g V$
Buoyancy force	$F_B = \rho_{fluid} g V_{object}$
Reynolds number	$Re = \frac{\rho v l}{\mu}$
Pipe flow velocity	$v_{max} = \frac{q^2 \Delta p}{16 \mu L}$ $v_{avg} = \frac{1}{2} v_{max}$ $v = v_{max} \left(1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right)$
Volumetric flow rate	
	$q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ $q = A v_{avg}$ $q = \frac{\pi d^4 \Delta p}{128 \mu L}$
Drag force	
General	$A_1 v_1 = A_2 v_2$ $F_D = \frac{1}{2} \rho A v^2 C_D$
Special case: Sphere with $Re < 1$	$C_D = \frac{24}{Re}$
Lift force	$F_L = \frac{1}{2} \rho A v^2 C_L$
Bernoulli's equation	$\frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} + gh = \text{constant}$

Uygulamalar:

1.

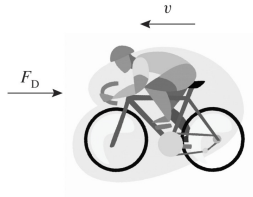


FIGURE 5.23

2.

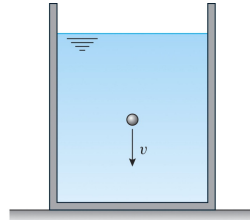


FIGURE 5.24