

The background of the slide is a dark, stormy sky filled with numerous bright, jagged lightning bolts striking downwards. The bolts vary in intensity, with some appearing as thick, glowing yellow-white streaks and others as thinner, more delicate white lines. The overall effect is one of intense energy and power.

# **Az áramlástan alapjai**

**Szabó Gábor egyetemi tanár, SZTE Optikai Tanszék**

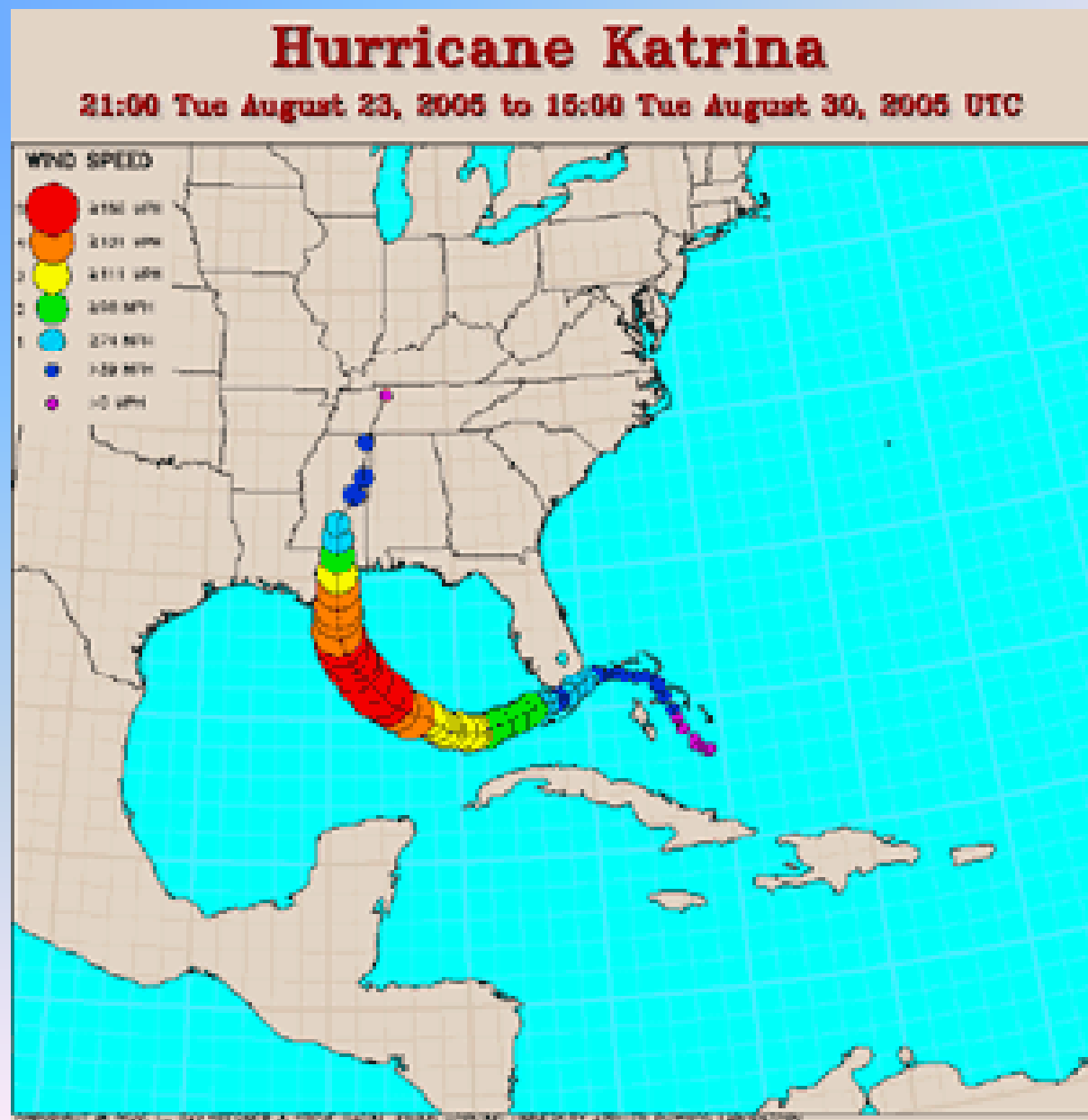
# Kármán-féle örvénysor



# Katrina hurrikán



# Katrina hurrikán



# Katrina hurrikán



# Dimenzió analízis

## (Buckingham-féle $\Pi$ módszer)

1. Válasszunk mértékrendszert (M, L, T,  $\theta$  vagy F, L, T,  $\theta$ ).
2. Állapítsuk meg, hogy melyek azok a változók, amelyek a problémában fellépnek. (Írjuk fel ezek dimenzióit.)
3. Válasszuk ki a legnagyobb számú változót, amelyek még nem alkotnak dimenzió mentes csoportot.
4. Adjunk egy további változót a 3. alatt kiválasztott csoporthoz, és keressük meg a dimenzió mentességhez szükséges kitevőket.
5. Ismételjük meg a 3-4.-et, amíg az összes változó el nem fogy.

**Példa: milyen erő hat az áramló folyadékba merülő testre?**

**1. Dolgozzunk M, L, T,  $\theta$  rendszerben.**

**2. a.  $F = f(L, v, \rho, \eta)$**

**2. b.**

<b>F</b>	<b>L</b>	<b>v</b>	<b><math>\rho</math></b>	<b><math>\eta</math></b>
<b><math>MLT^{-2}</math></b>	<b>L</b>	<b><math>LT^{-1}</math></b>	<b><math>ML^{-3}</math></b>	<b><math>M(LT)^{-1}</math></b>

**3. L, v,  $\rho$  (csak  $\rho$  tartalmaz tömeget, v időt)**

4. Válasszuk az erőt

$$\Pi_1 = L^a v^b \rho^c F =$$

$$(L)^a (LT^{-1})^b (ML^{-3})^c (MLT^{-2}) = M^0 L^0 T^0$$

$$\text{L: } a+b-3c+1=0$$

$$\text{M: } c+1=0$$

$$\text{T: } -b-2=0$$

---

$$a=-2,$$

$$b=-2,$$

$$c=-1$$

$$\Pi_1 = \frac{F}{\rho v^2 L^2}$$



5. Még egy változó maradt, a viszkozitás

$$\Pi_2 = L^a \nu^b \rho^c \eta^{-1} =$$

$$= (L)^a (LT^{-1})^b (ML^{-3})^c (ML^{-1}T^{-1})^{-1}$$

$$= M^0 L^0 T^0$$

$$a + b - 3c + 1 = 0$$

$$c - 1 = 0$$

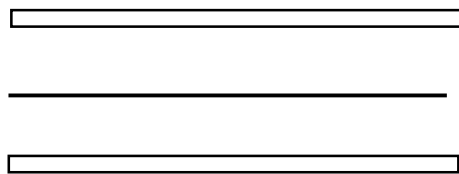
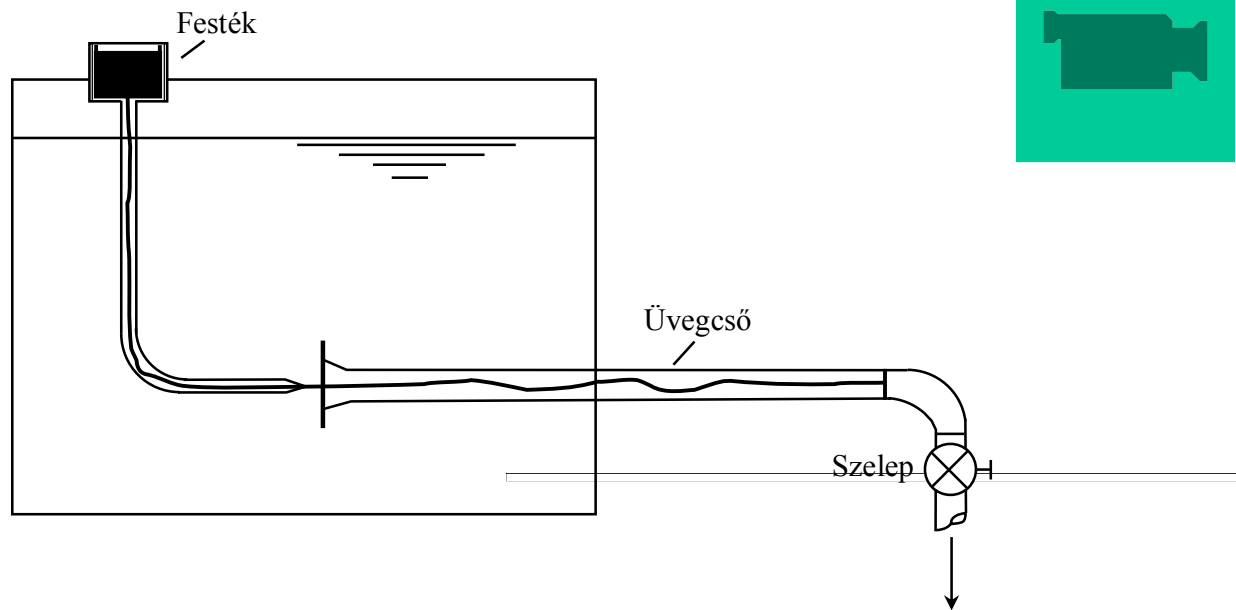
$$-b + 1 = 0$$

$$a = b = c = 1$$

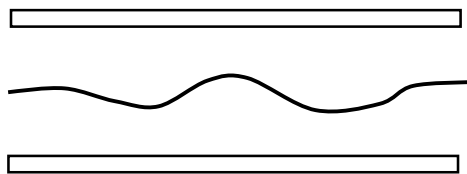
$$\Pi_2 = \frac{L\nu\rho}{\eta} = Re$$

**A végeredmény:**

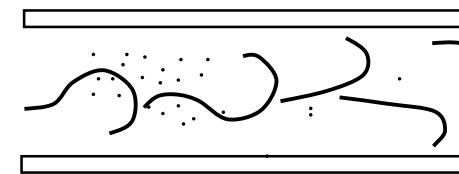
$$\frac{F}{\rho v^2 L^2} = f(R_e)$$



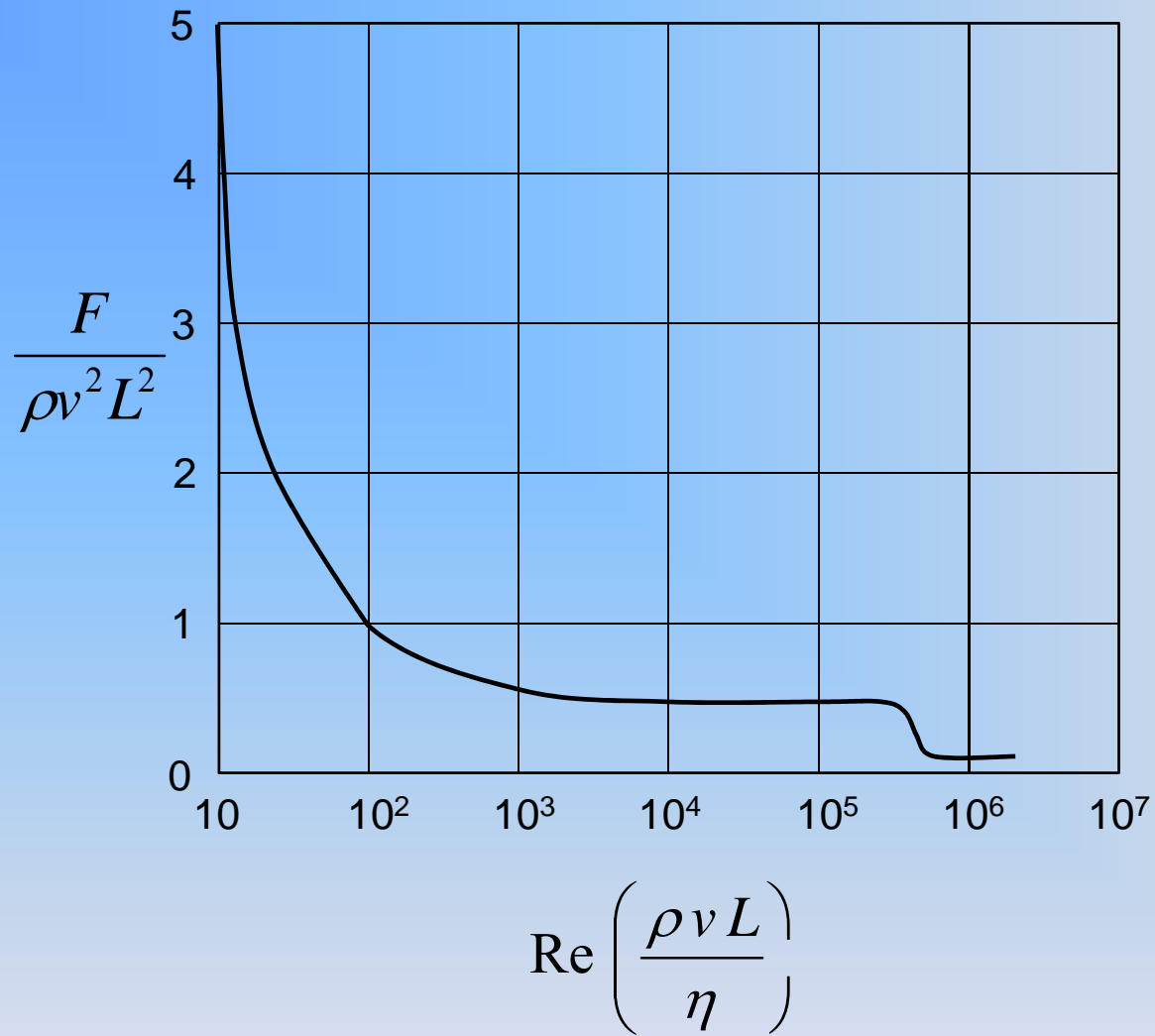
Lamináris



Átmeneti

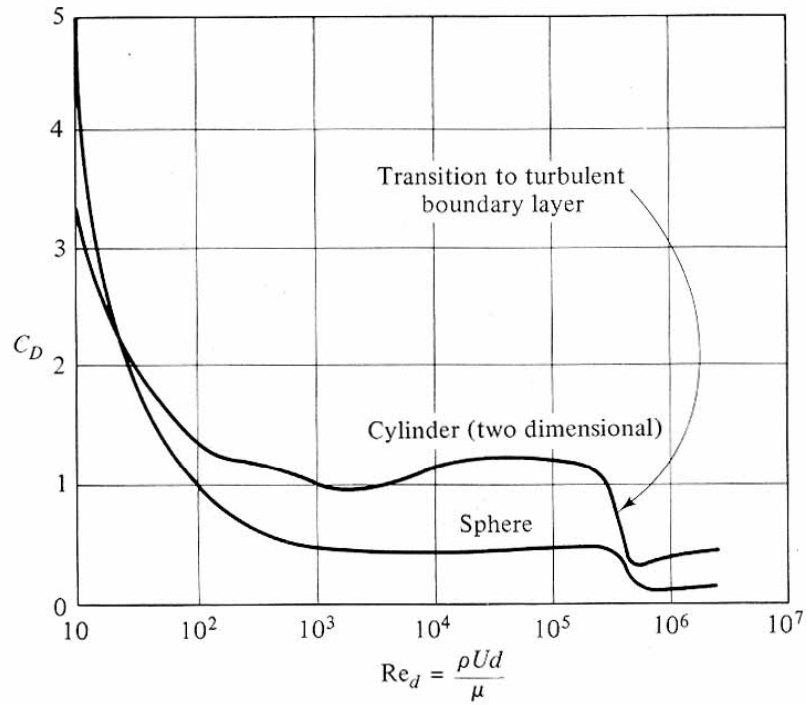


Turbulens

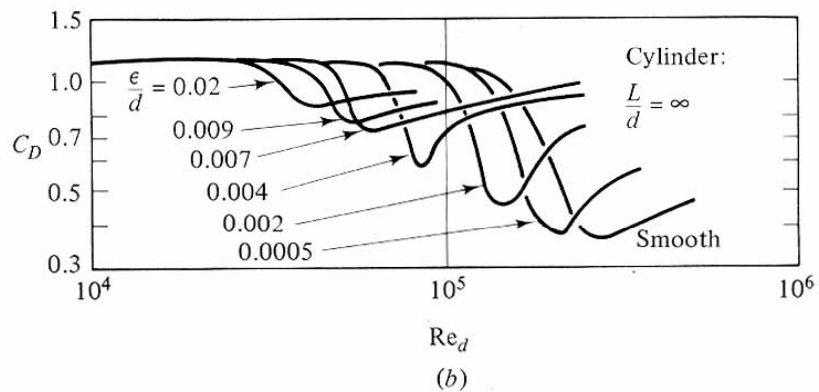


**A közegellenállás (gömb)**

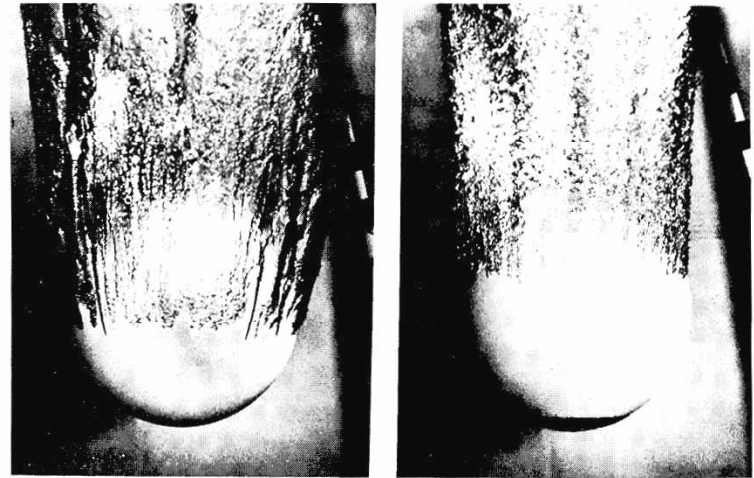
# A közegellenállás



(a)



(b)



(a)

(b)

**Fig. 7.14** Strong differences in laminar and turbulent separation on an 8.5-in bowling ball entering water at 25 ft/s: (a) smooth ball, laminar boundary layer; (b) same entry, turbulent flow induced by patch of nose-sand roughness. (U.S. Navy photograph, Ordnance Test Station, Pasadena annex.)

# Közegellenállás

**Re < 10 lineáris, azaz  $F \sim v$**

**pl. gömb alakú testre a pontos alak (Stokes törvény):**

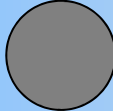


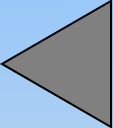



$$F = 6\pi\eta Rv$$

**Levegőben lebegő kicsiny részecskék (eroszolok, ködök)  
ülepedése.**

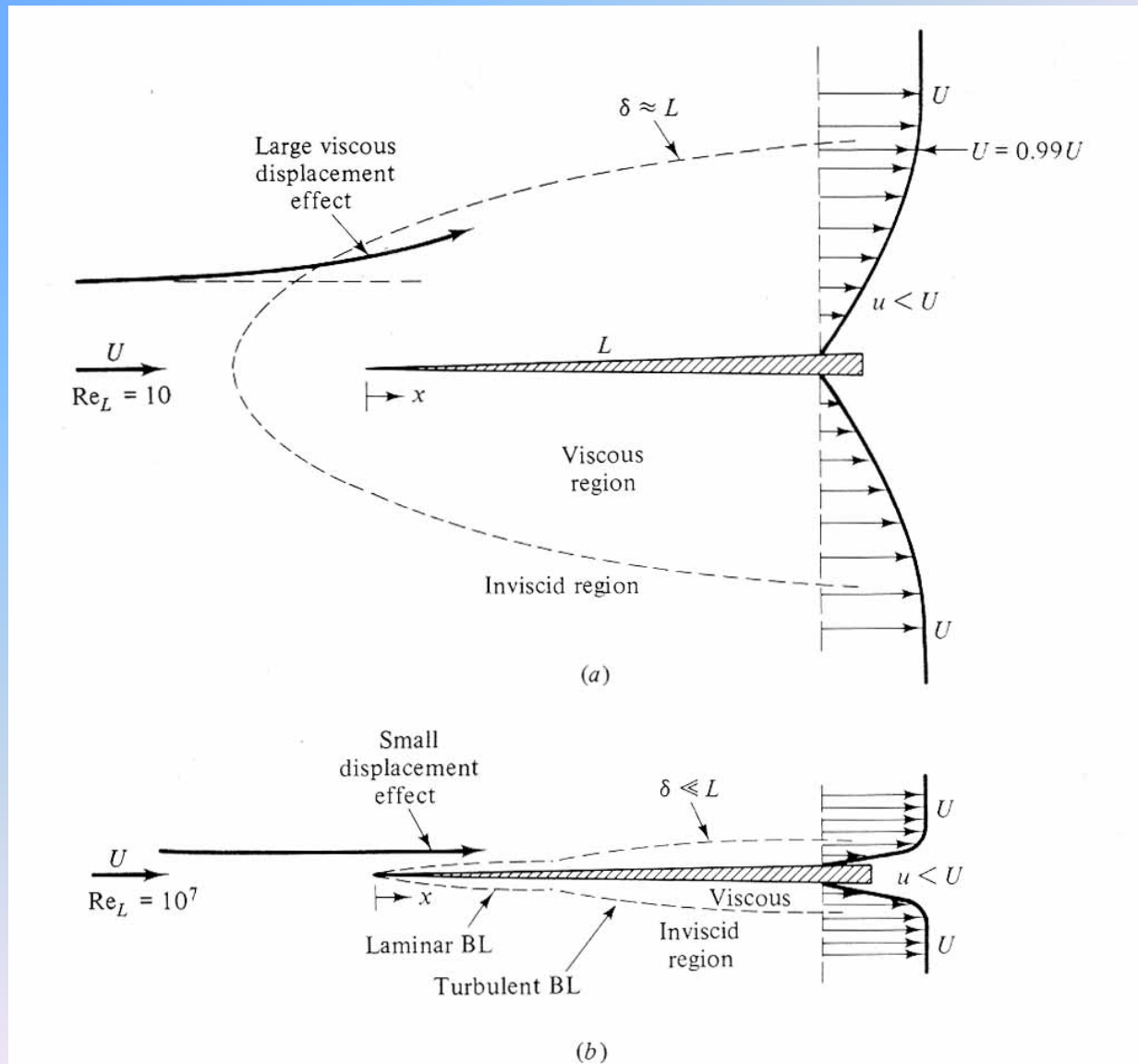
**Re > 5000 négyzetes, azaz  $F \sim v^2$**

$$F = c_e \frac{1}{2} \rho A v^2$$

# Alaktényezők

Gömb		0,47
Gömbhéj (domború,		0,4
Gömbhéj (homorú)		1,4
Kúp		0,5
Kocka		1,05
Kocka (elforgatva)		0,81
Áramvonalas test		0,04

# A Prandtl-féle határréteg elmélet



**Fig. 7.1** Comparison of flow past a sharp flat plate at low and high Reynolds numbers: (a) laminar, low Reynolds number; (b) high-Reynolds-number flow.

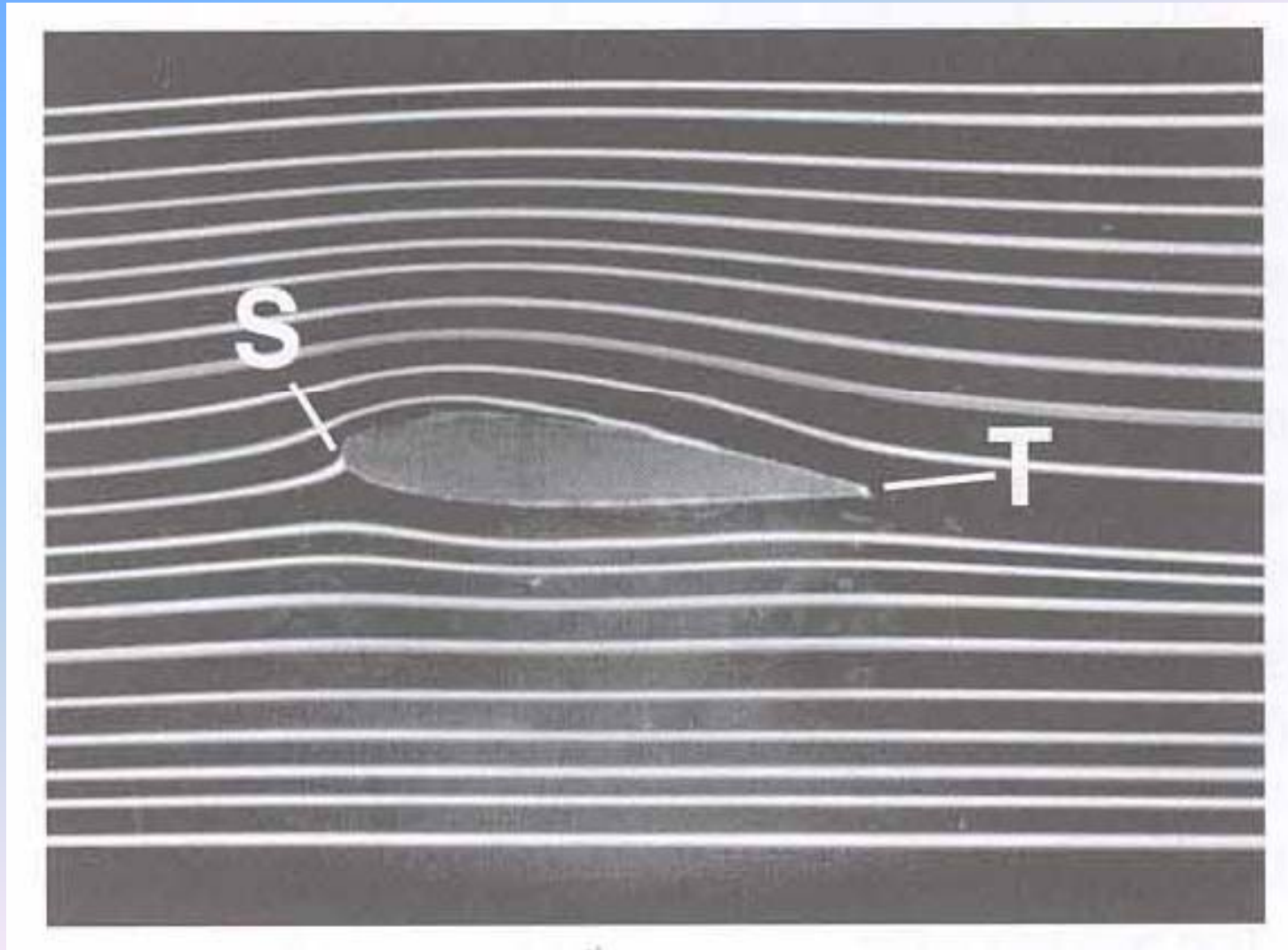


# Hidrodinamikai hasonlóság

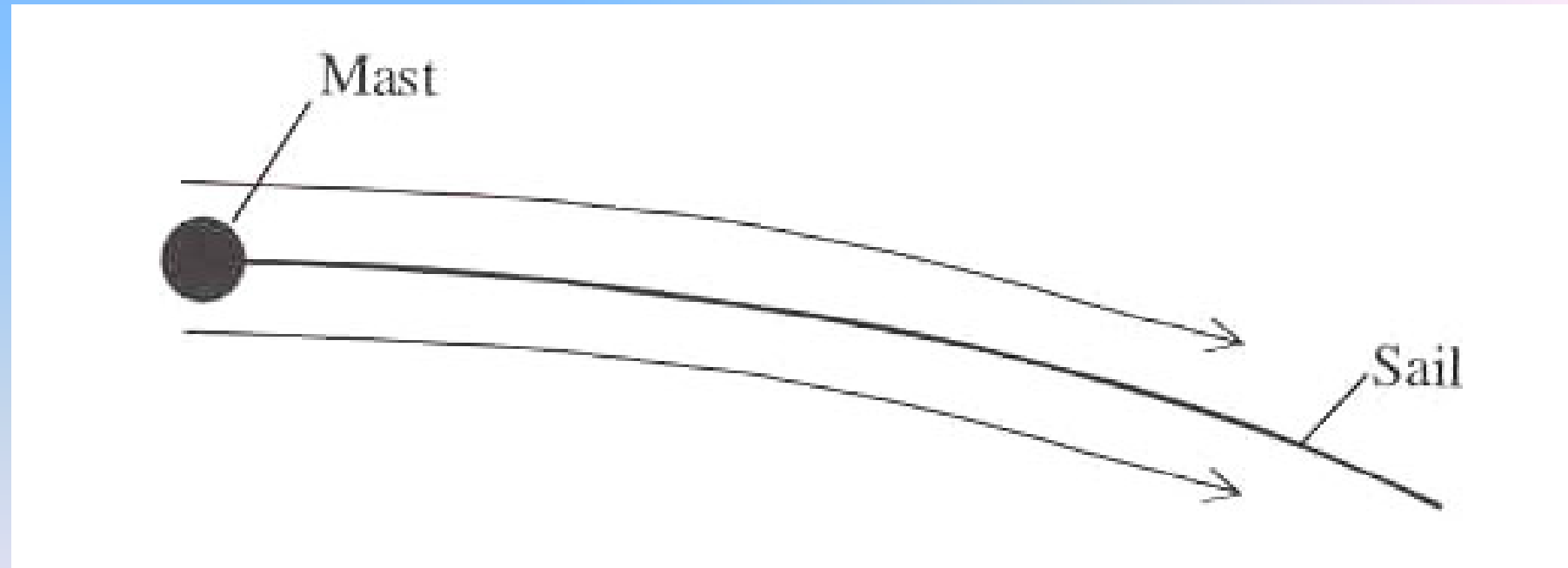
**Két áramlási tér hasonló, ha a geometriai hasonlóság mellett a Reynolds számok is megegyeznek.**

**Alkalmazás: modellezés (szélcsatorna)**

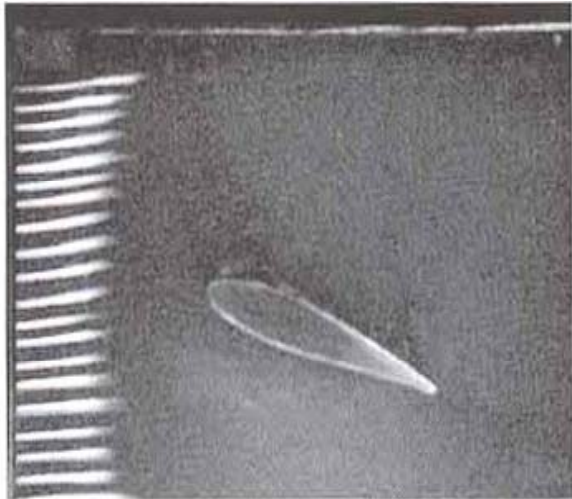
# Felhajtóerő keletkezése



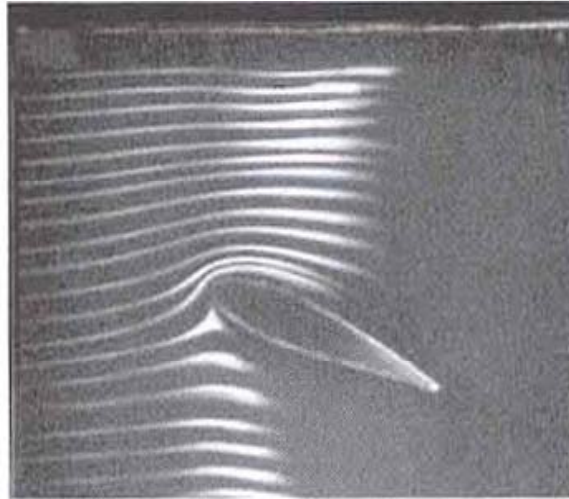
# Felhajtóerő keletkezése



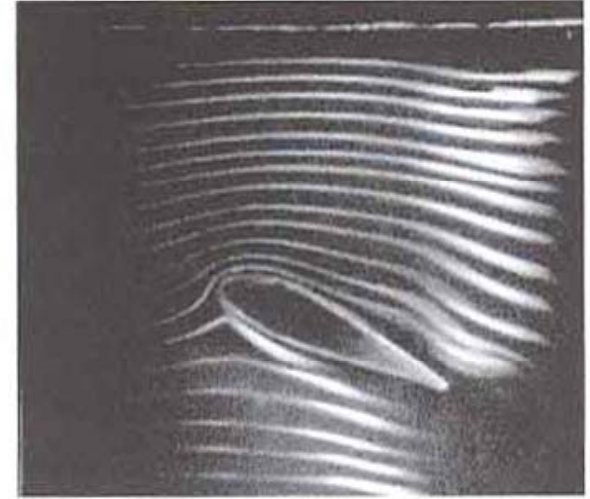
# Felhajtóerő keletkezése



(a)

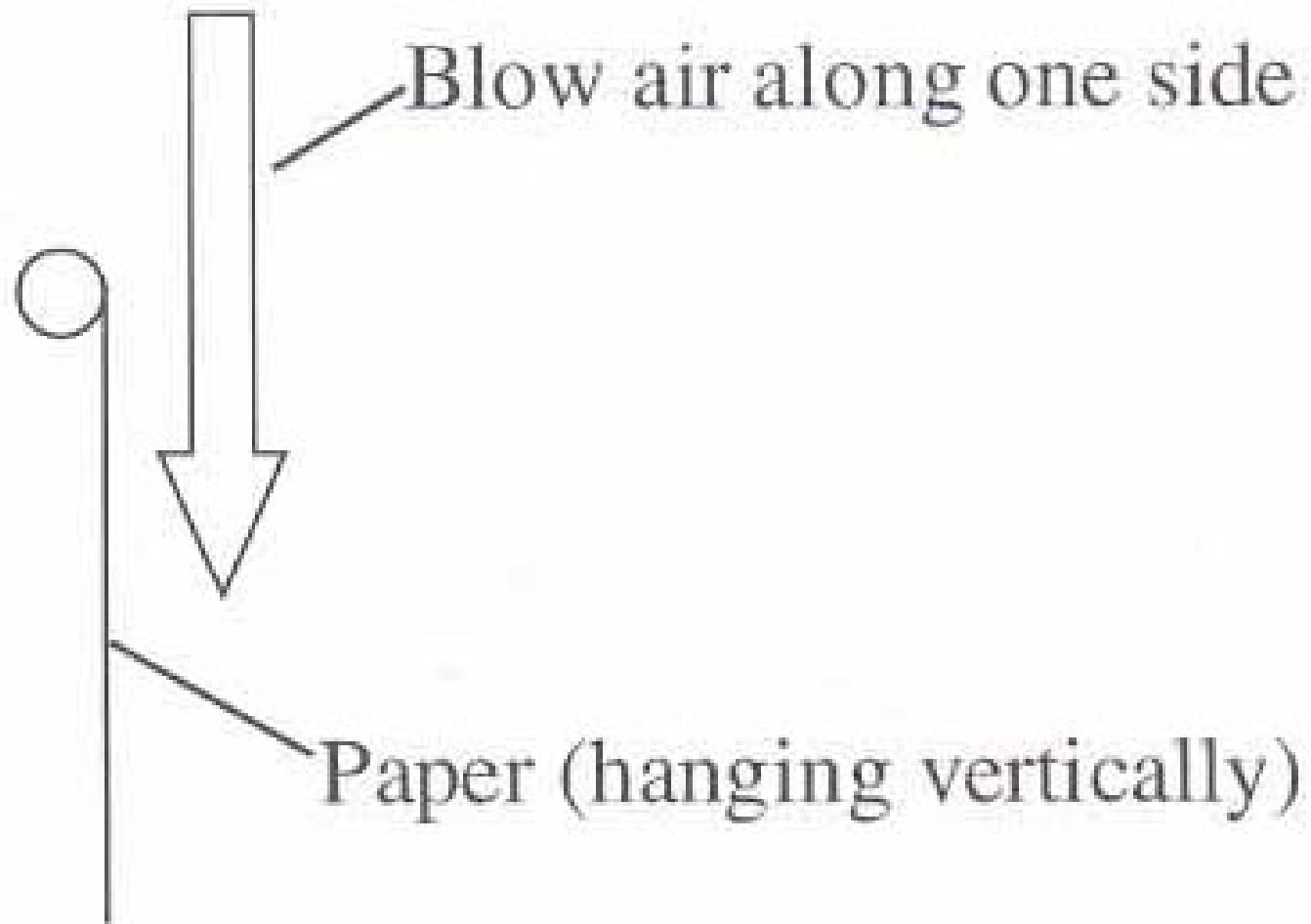


(b)

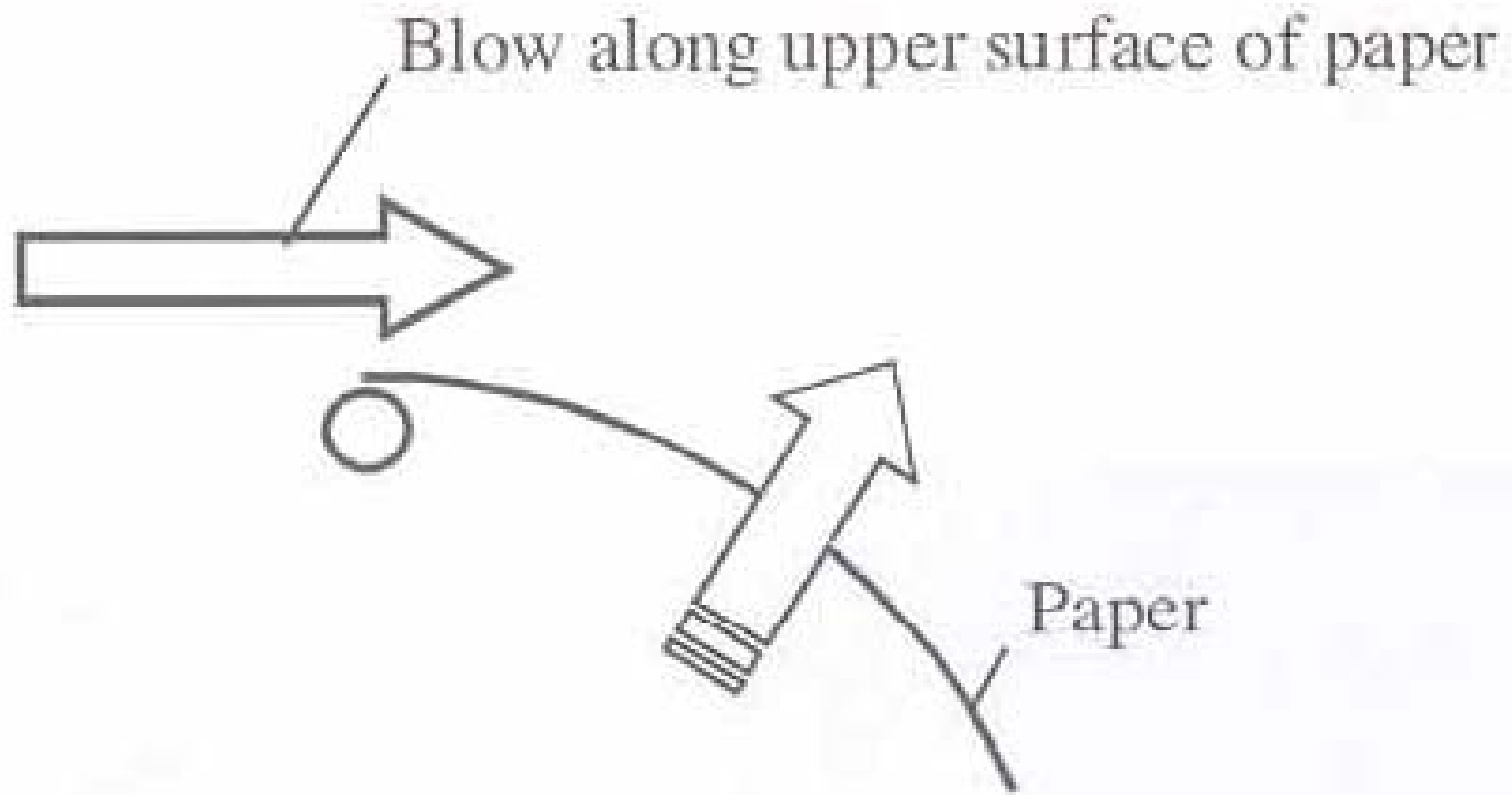


(c)

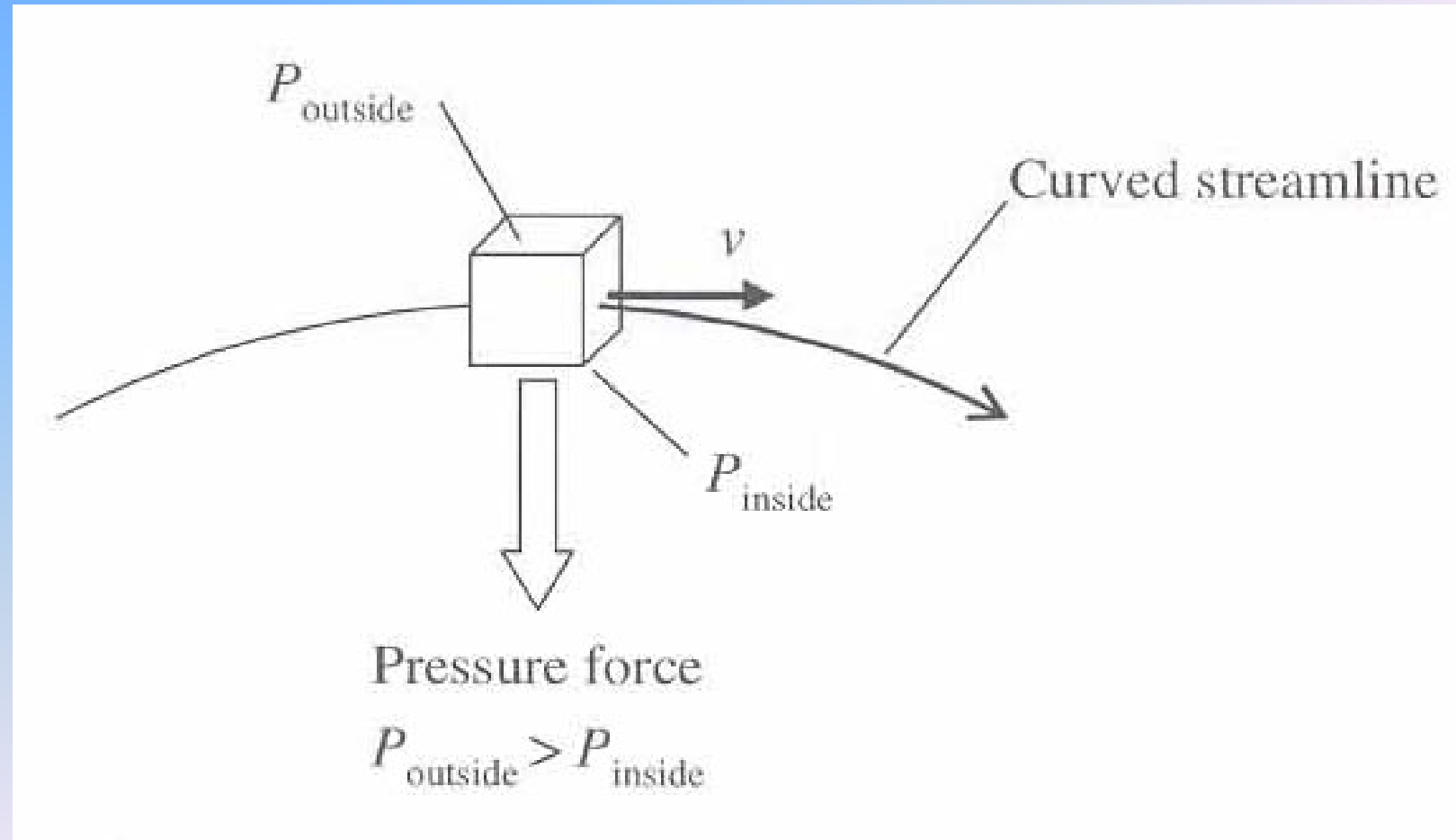
## Felhajtóerő keletkezése



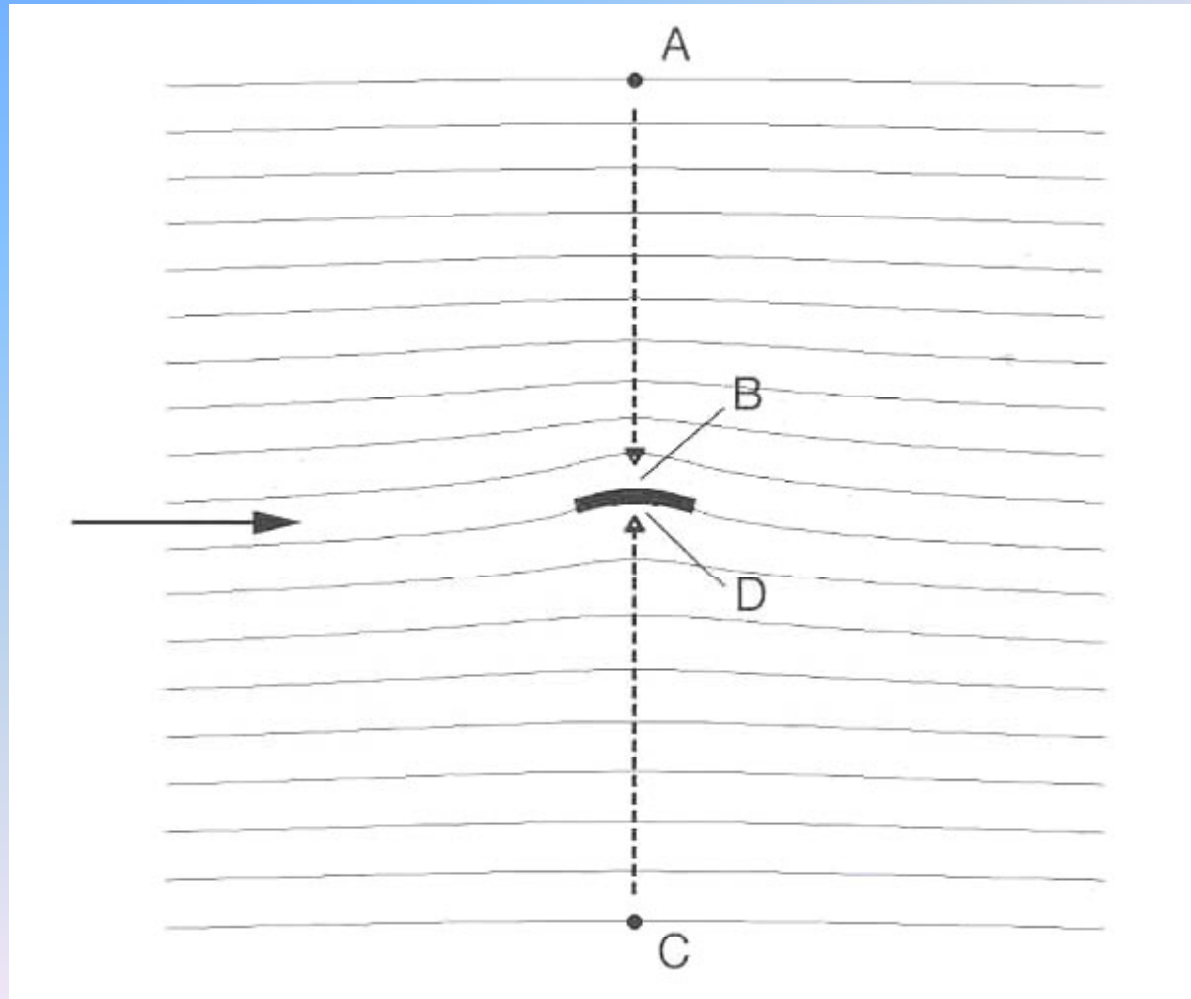
# Felhajtóerő keletkezése



# Felhajtóerő keletkezése

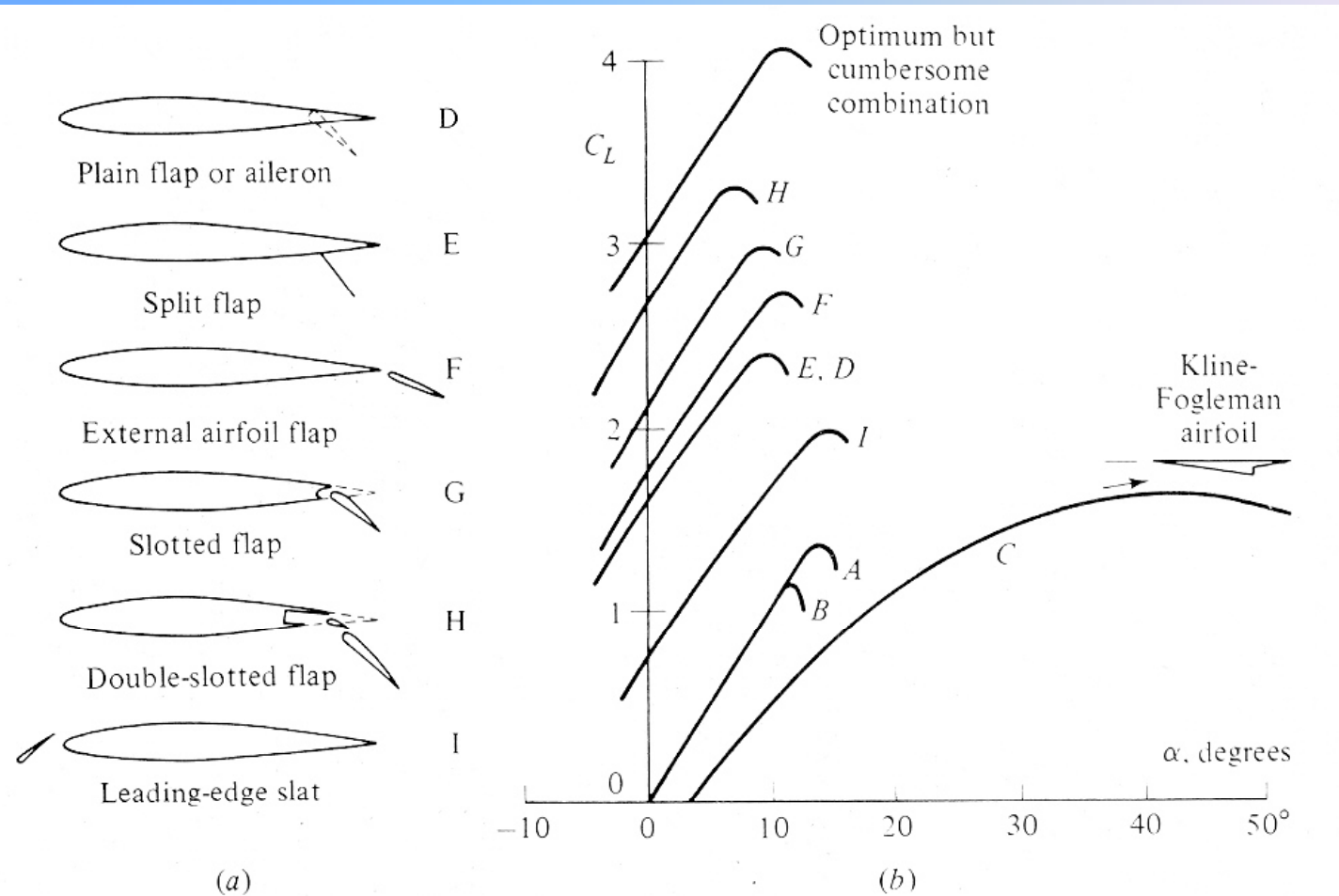


# Felhajtóerő keletkezése





# Repülőgépszárnyak



**Fig. 7.25** Performance of airfoils with and without high-lift devices: *A* = NACA 0009; *B* = NACA 63-009; *C* = Kline-Fogleman Airfoil (Ref. 17); *D* to *I* shown in (a); (a) types of high-lift devices; (b) lift coefficient of various devices.

U2



# SR71



NASA Photo

Date: 1994



NASA Photo

Date: 1991



# F117



B2

