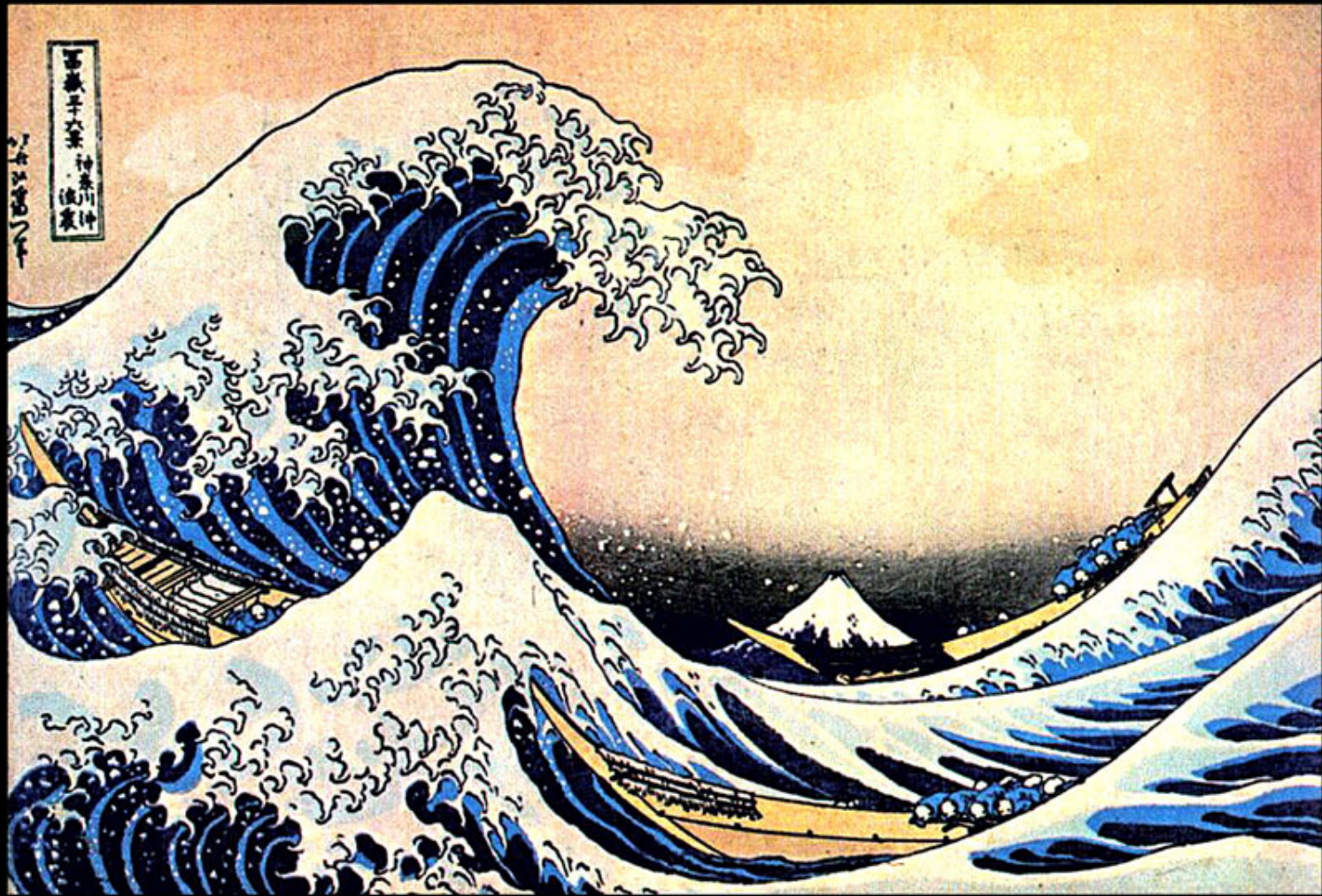


Örvények, festékek, káosz: a keveredés fizikája



K. Hokusai: Nagy hullám Kanagava partjai előtt

Örvény



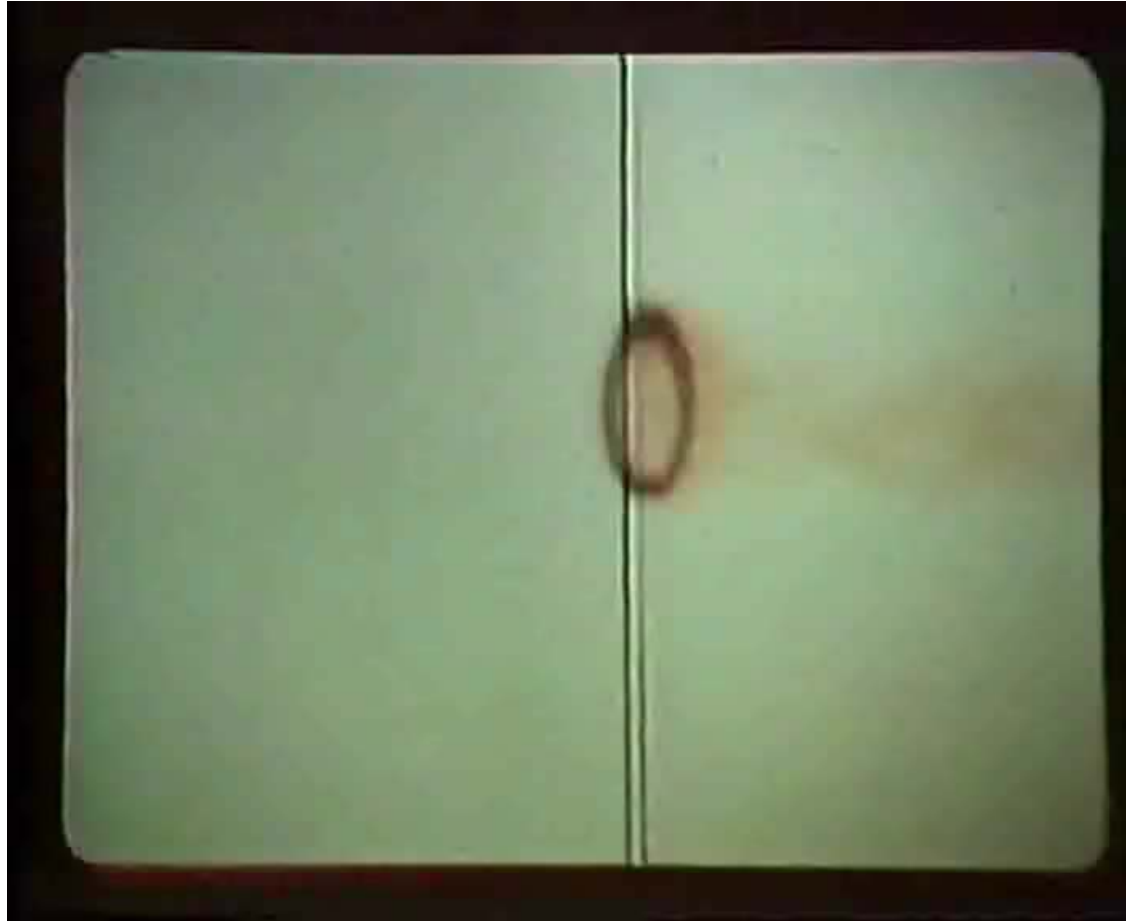
a közeg forgó mozgása, az áramlások fontos építőköve

Örvények keletkezése



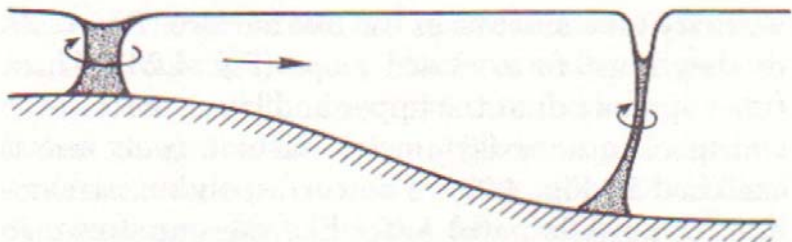
Az örvények sokáig élnek, középpontjuk elmozdul, de örvényközep pont marad

Örvénygyűrű

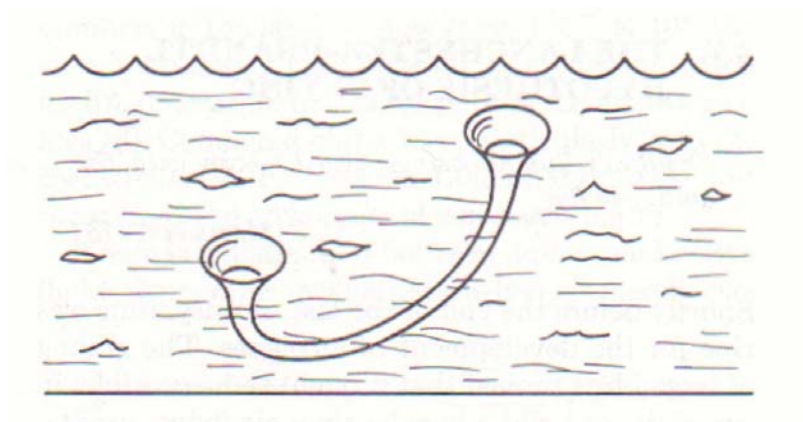


Az örvényközepontok zárt görbét alkotnak

A felszínre kijutó örvény



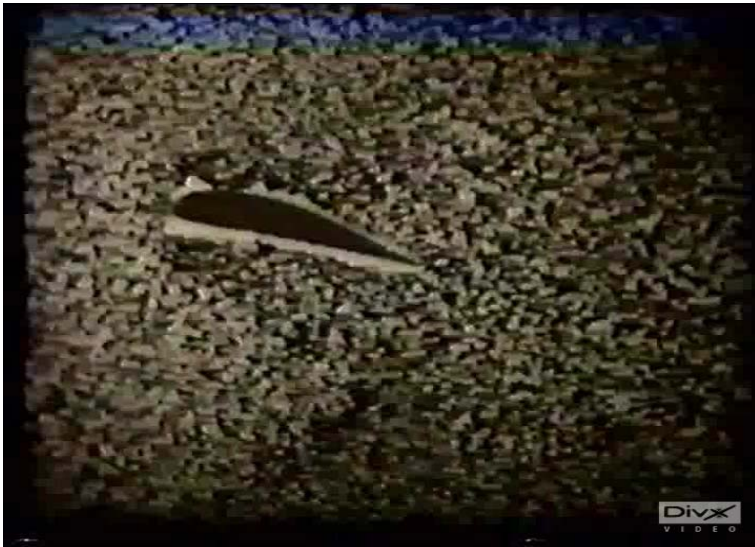
a) tornádó-szerű



b) fél örvénygyűrű

Evezéskor fél örvénygyűrűt keltünk!

A repülés



Induláskor leválik egy örvény,
az indulási örvény.

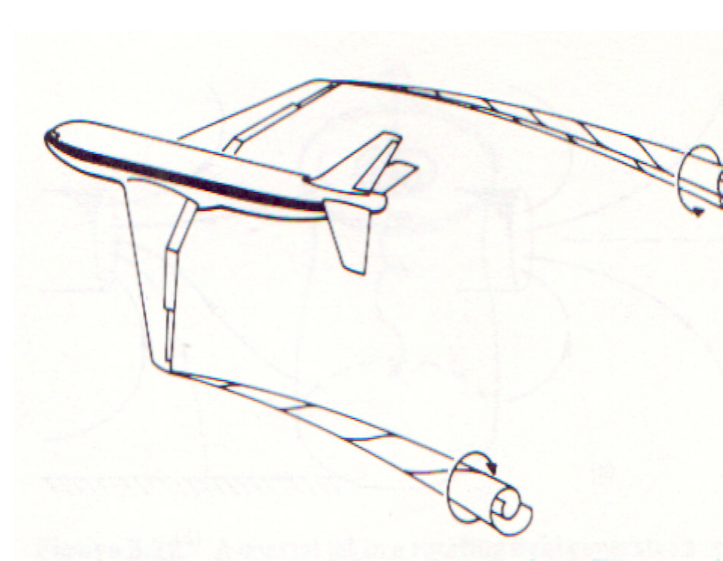


Az impulzusnyomaték tétel miatt a szárny körül is kialakul egy örvény → felül gyors áramlás → kisebb nyomás → felhajtóerő.

Szárnyvégi örvény



Örvények repülő mögött



A szárnyak mögött egy-egy örvény alakul ki

A gép mögött erős leáramlás

Szárnyvégi örvény



‘Bekunkorítja’ a felhőt,

www.efluids.com

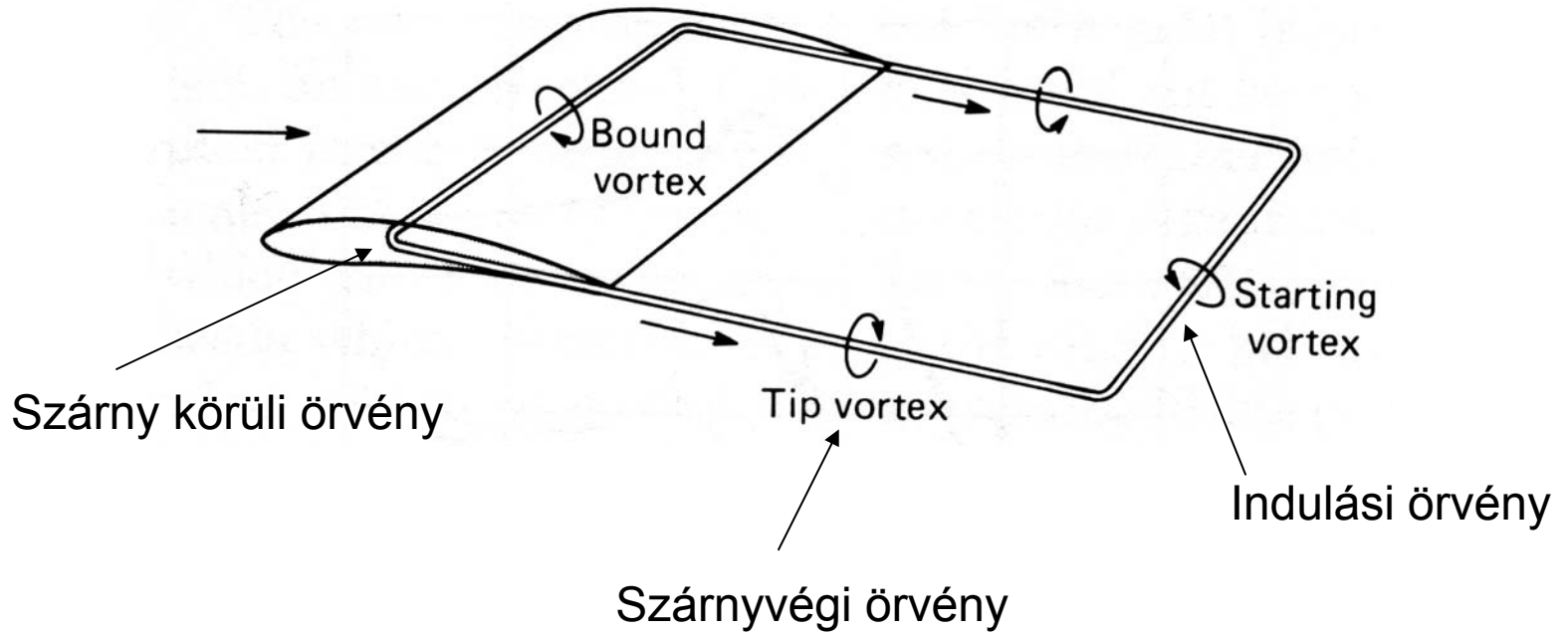


Két kondenzcsíkot alakít ki



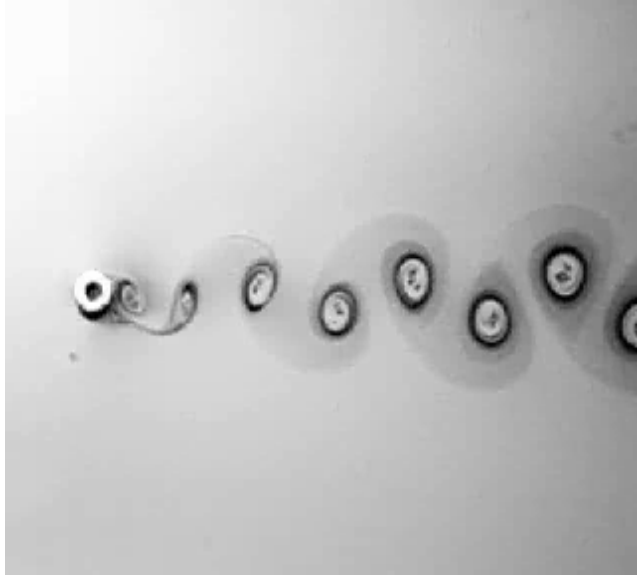
Felhajtóerőt biztosít a szomszédban

A teljes örvényrendszer



Zárt örvénygyűrűt alkotnak!

Áramlás kiterjedt akadály mögött



Örvények felváltva válnak le,
periodikusan.

Ez a Kármán-féle
örvénysor, *von Karman vortices*



Kármán Tódos, a repülés-
tudomány nagy alakja,
1881,Bp. – 1963, USA,
L. Edson: Örvények és repülők,
Akadémiai, Bp. 1994

A Kármán-féle örvénysor előfordulása



A zászló lobogása



A Tacoma-híd 'lobogása'

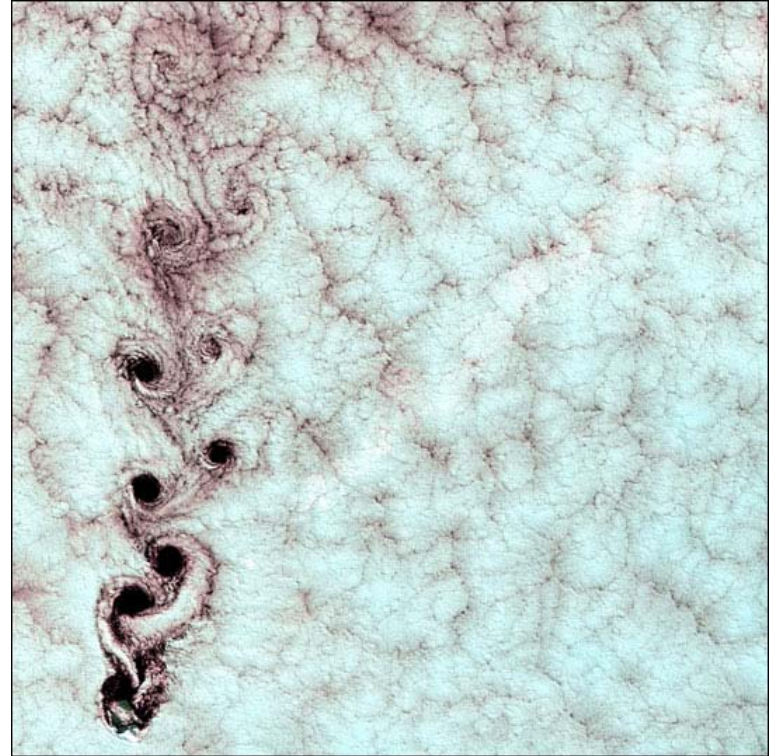


Örvények földnyelvek,
pillérek mögött; limány

A Kármán-féle örvénysor előfordulása

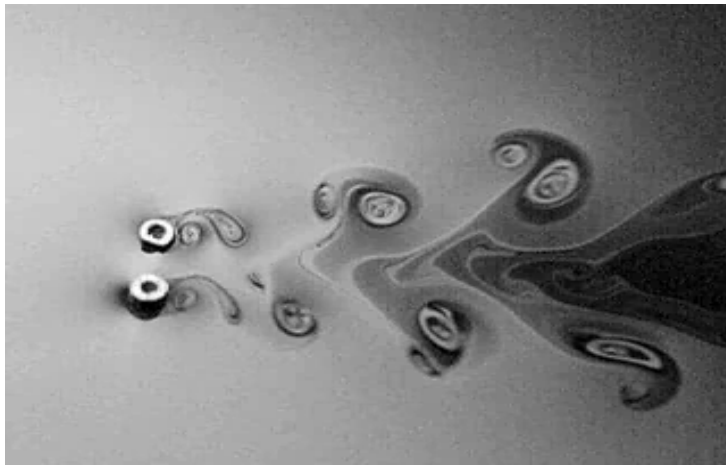


Otthon



Hegyes szigetek mögött a felhőrétegben. Selkirk-sziget, Chile, NASA

Örvénysorok kölcsönhatása



Örvényút két henger mögött



Örvények a Kanári-szigetek
mögött a felhőrétegben,
[NASA](#)

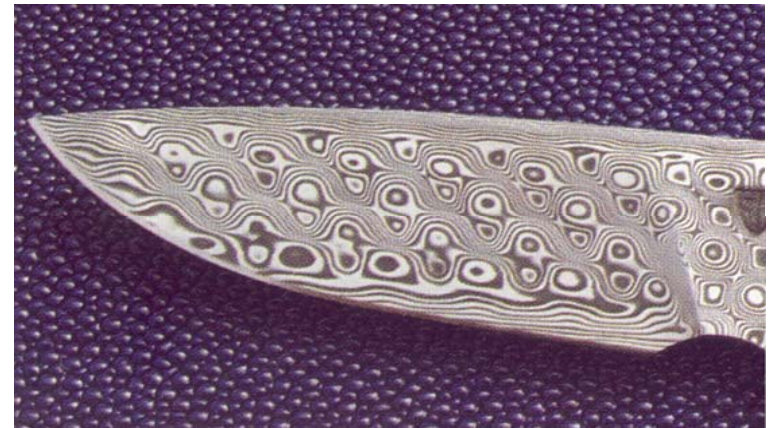
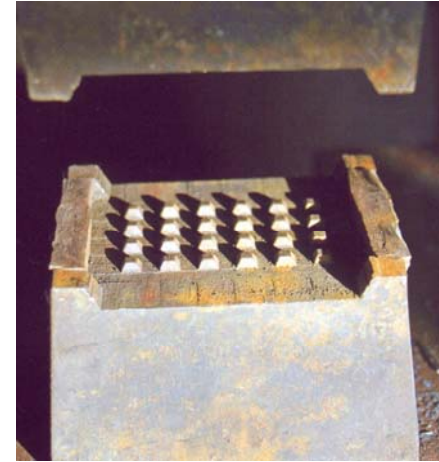
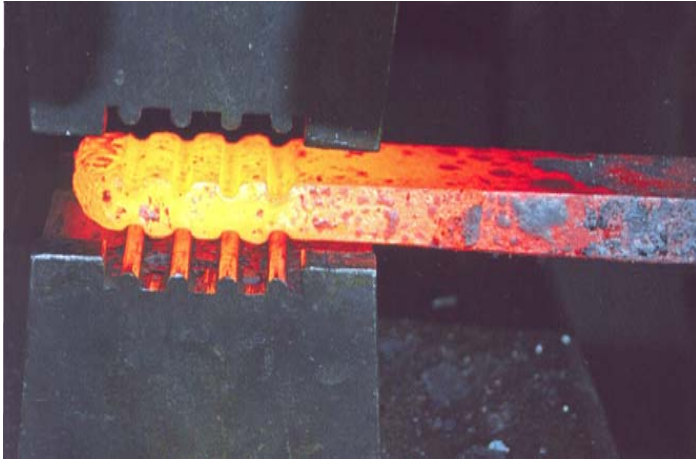
Kitérő

Mi ez?



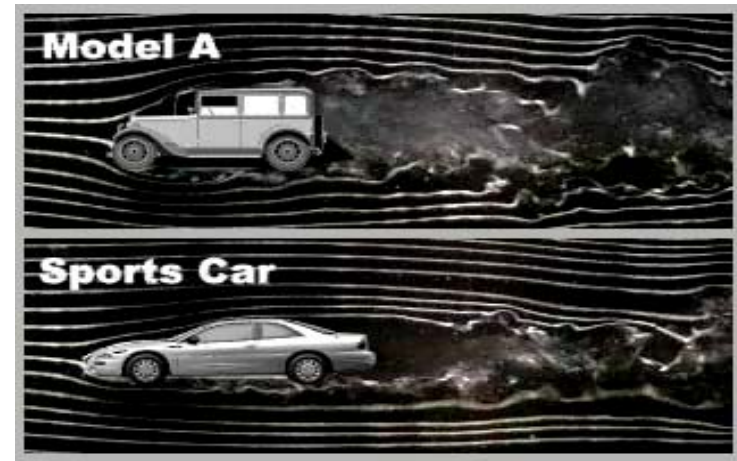
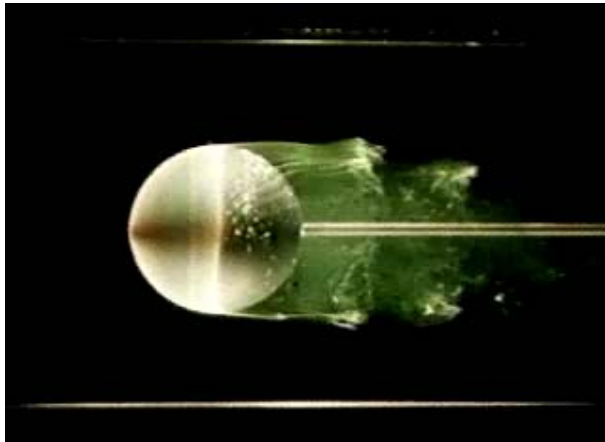
Damaszkuszi penge

A damaszkuszi acél készítése



A penge mintázata egy egykori áramlás ujjlenyomata!

Közegellenállás



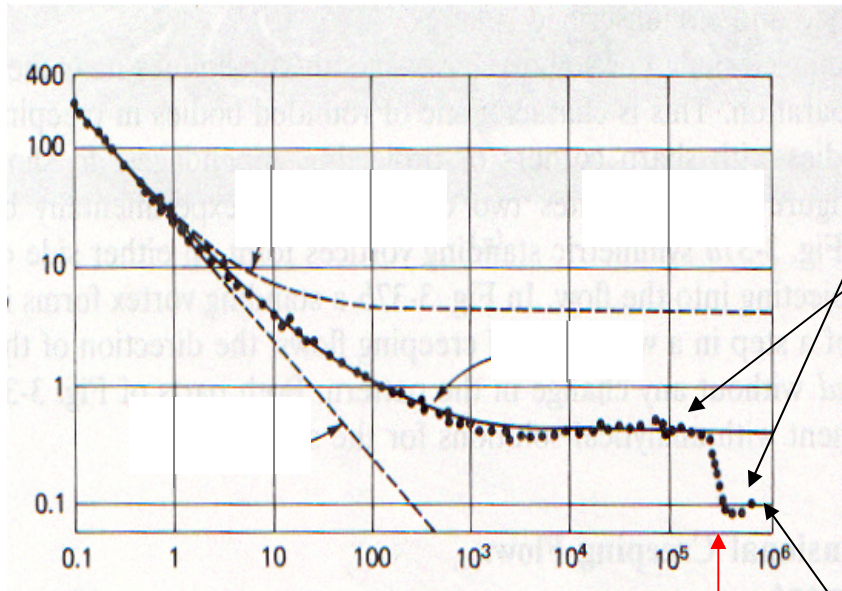
A közegellenállási erő a test által keltett örvények erősségével arányos.

Nagy sebességnél az örvények szabálytalanok:
A test mögött turbulens az áramlás

Közegellenállási erő: gömb

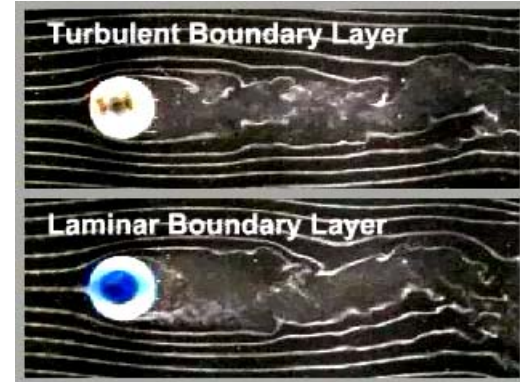
Az F erő függ a v sebességtől:

$$F/(1/2 \rho v^2 A)$$



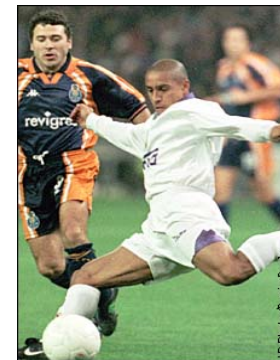
$v D \rho / \eta$

v_k



A turbulencia mértéke hirtelen csökken, a közegellenállási erő a negyedére esik v_k -nál.
 $D=30\text{cm}$ esetén, $v_k = 54 \text{ km/h}$.

'Zsinóron húzott labda':
R. Carlos



Keveredés

A közegtől anyagától eltérő anyag eloszlása az áramlás hatására

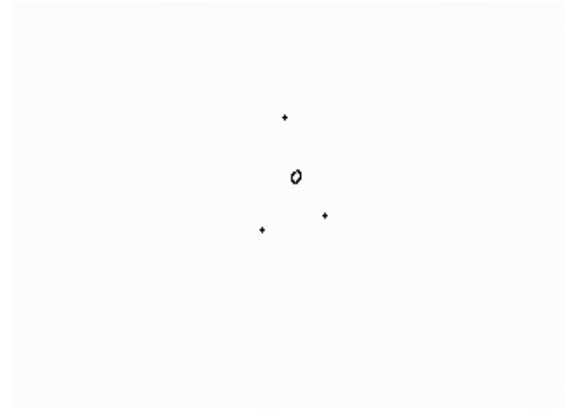


Szálas szerkezet alakul ki.

Minden egyes festékcsepp bonyolult pályán mozog. A kezdetben közeli pontok gyorsan eltávolodnak → **káosz**.



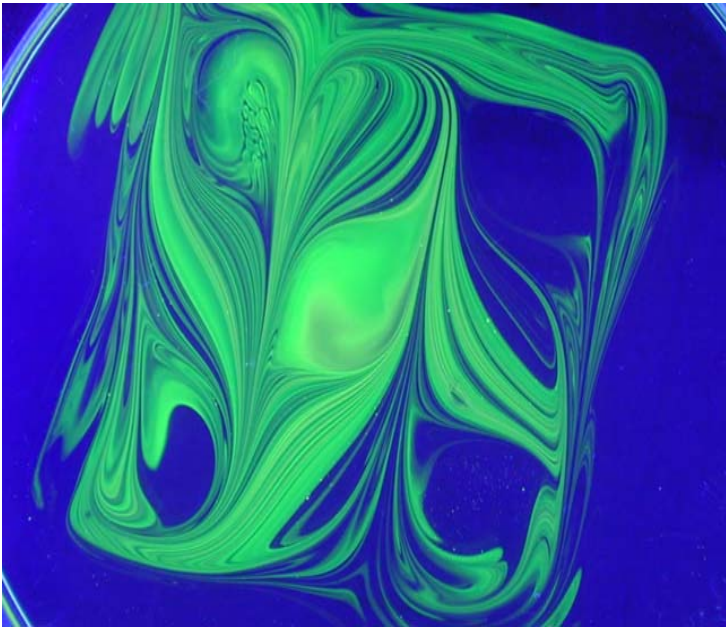
A jó keveredés hasznos: turmixolás, tésztagyúrás



A keveredés annál hatékonyabb, minél erősebb a káosz!

A teljes elkeveredés elérése előtt

Szálas, **fraktál** mintázatok a káosz következményeként



Festék glicerinen,
ELTE Kármán Labor



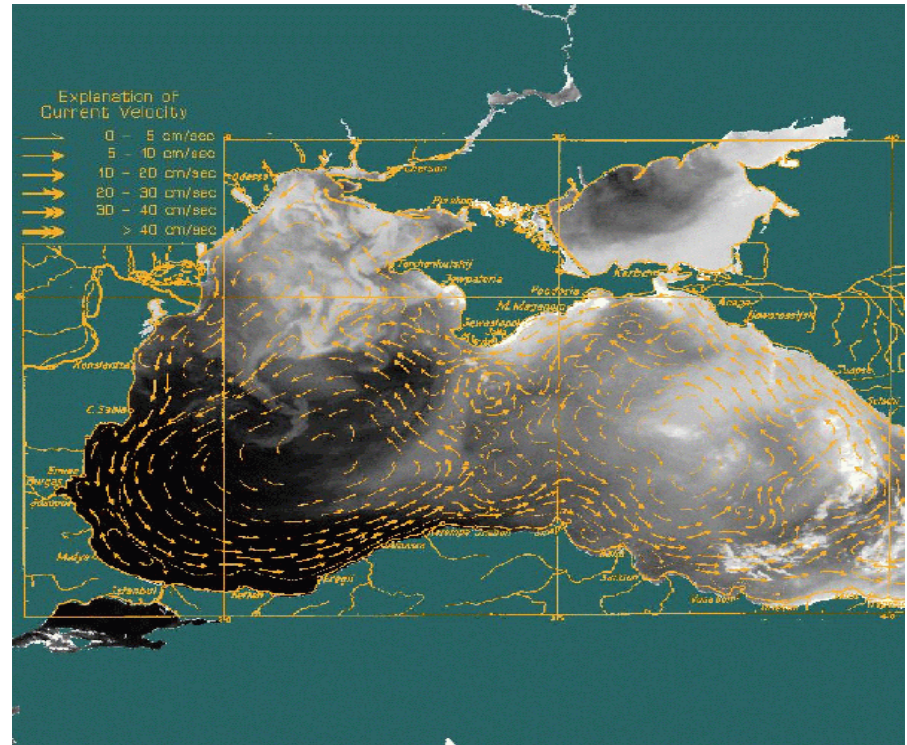
Jég Kamcsatka partjai mentén,
NASA

Szennyezések terjedése

Szintén szálas, fraktál szerkezetek mentén:

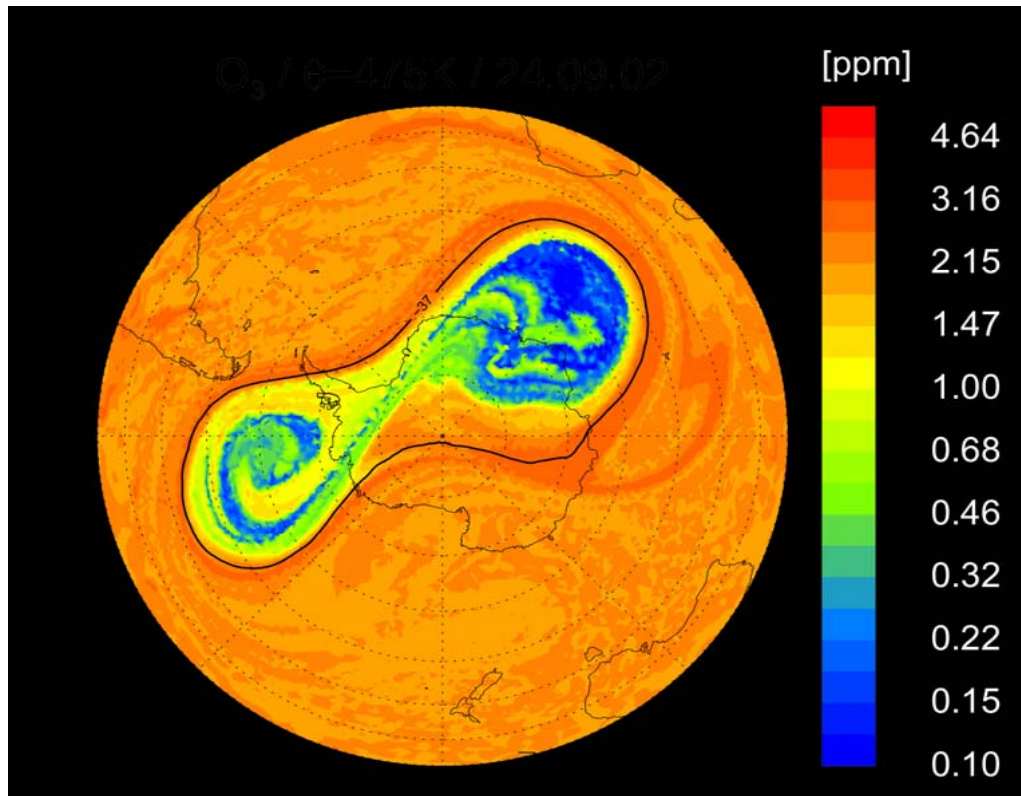


A Kétöles patak beömlése a Szigligeti-öbölbe,
BMKGE, Vízgazdálkodási Tanszék



A Dnyeszter, Dnyepper, Don,...
szennyezése a Fekete-tengerben,
www.dfd.dlr.de/app/sea/pollution

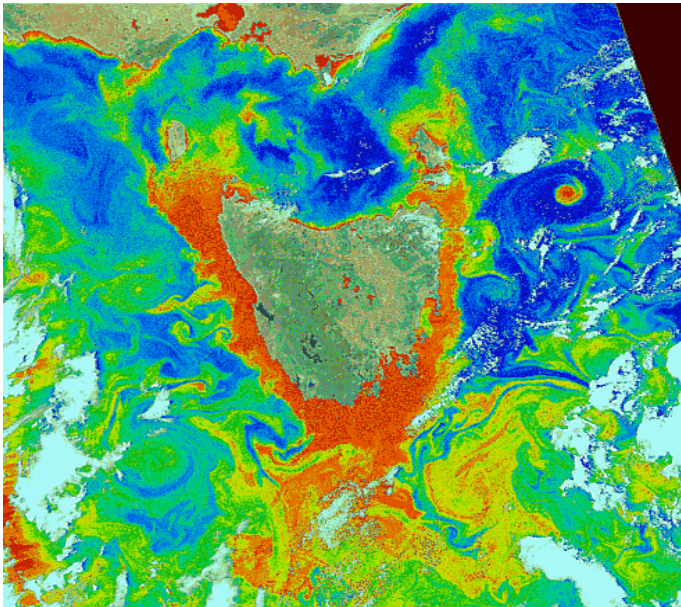
Ózon a magaslégkörben



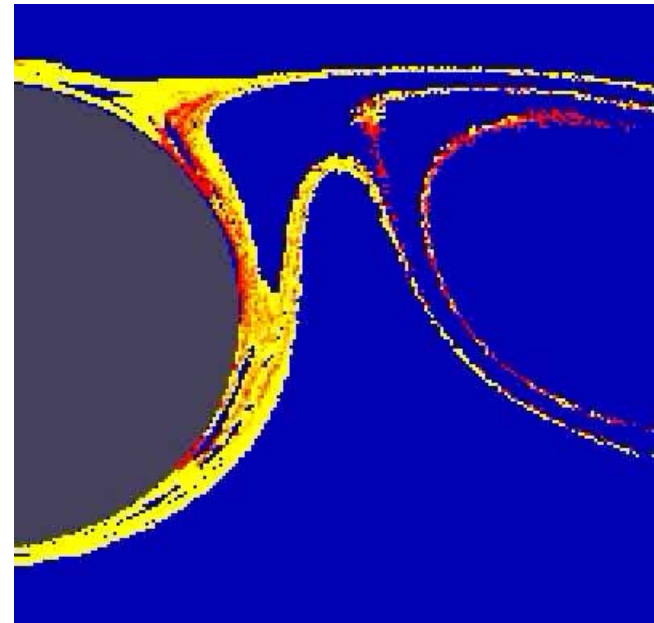
Jülich, Légekörkémiai Kutatóintézet

Élőlények sodródása

Plankton: a vízben lebegő élőlények összessége



Plankton Tasmánia körül,
NASA



Plankton Kármán-féle
örvénysorban

Összefoglalás

- Új tudományos kép: az anyag szétterjedése **áramló** közegben **kaotikus** folyamat, melyet fraktál mintázatok jeleznek:
- visibleearth.nasa.gov,
- oceancolor.gsfc.nasa.gov/SeaWiFS/.

Mottó:

„Ha látsz száraz kórót szélvésztől kergetve,
Bujdosó szeretőd jusson majd eszedbe.”

Petőfi

Ha látsz száraz kórót szélvésztől kergetve,
Káosz és áramlás jusson majd eszedbe.

Feláramlások

