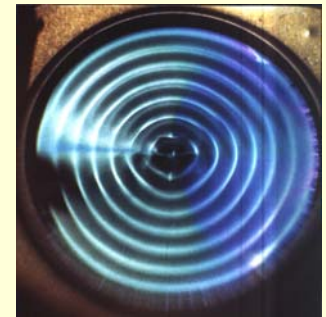


Buborékok, képek, káprázatok- a szappanhártyák színes világa



Rajkovits Zsuzsanna
ELTE Anyagfizikai Tanszék
2006



Mi a közös az alábbi jelenségekben?

- A rovarok úgy sétálnak a tavak felszínén, mint az emberek az utcán.
- A füstös diszkóból hazatérve, ruhánkon, hajunkon sokáig érezhető a füstszag.
- Gyomorrontáskor az orvos a betegnek széntablettát rendel.
- A gyerekek szappanos vizet kérnek, ha buborékokat akarnak fújni.

(határfelületek,
nagy fajlagos felületű anyagok)

A buborékok izgalmasak óvódás gyerekeknek és kutató tudósoknak egyaránt!

- Több tudományterület is érintő téma

Kémia

Molekuláris felépítés, habok tulajdonságai, kozmetikai ipar

Fizika

erről beszélünk most!

Matematika

minimálfelületek megjelenítése

Biológia

sejtmembránok szerkezete és tulajdonságai
sugárállatkák felépítése

Művészetek

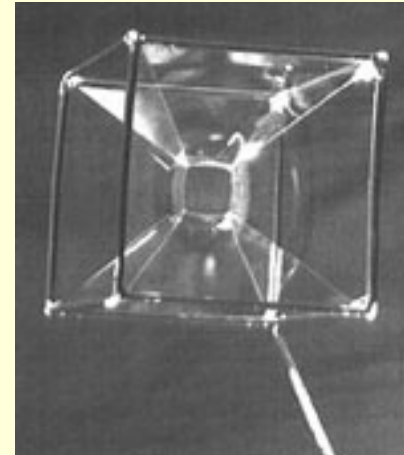
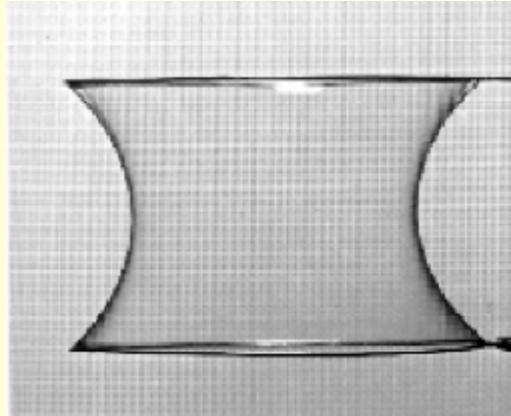
festészet, építészet

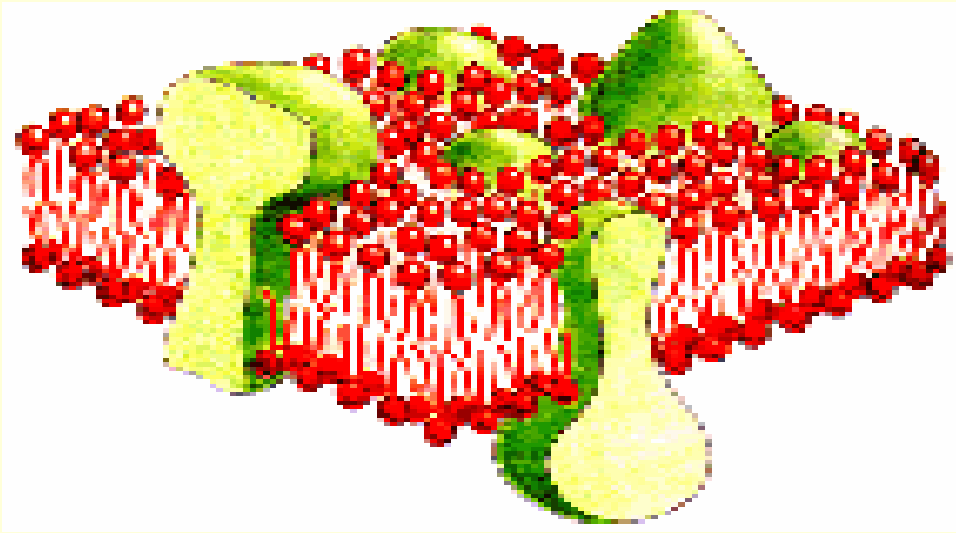
Pillanatnyi kutatásban:

- „szokatlan” vékonyodási sajátságok eredete
- áramlások tanulmányozása, kétdimenziós áramlások szappanhártyákban
- csillagászati jelenségek modellezése

Matematika

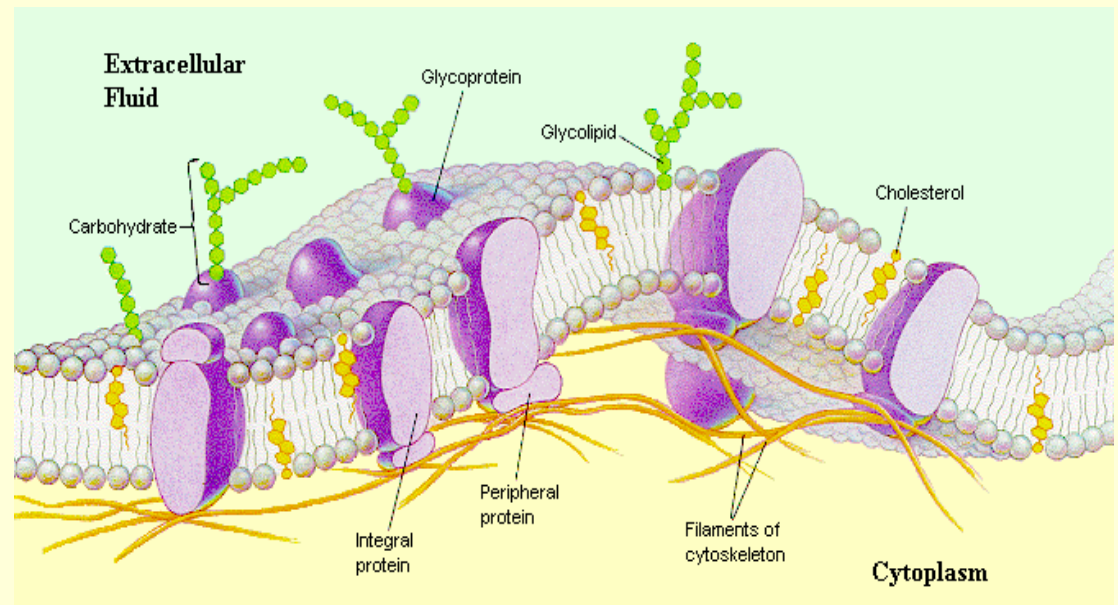
minimálfelületek megjelenítése



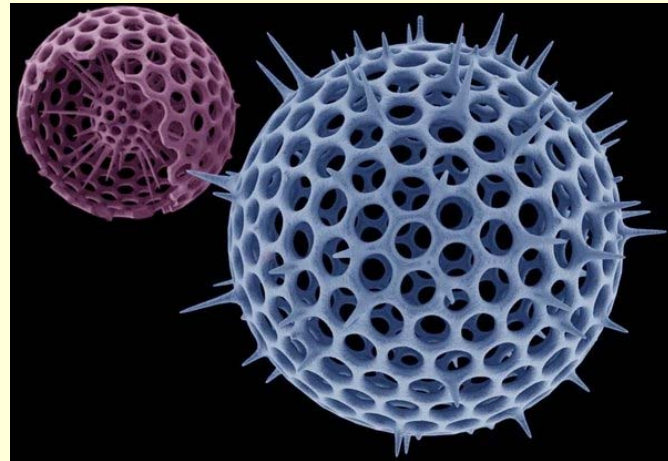
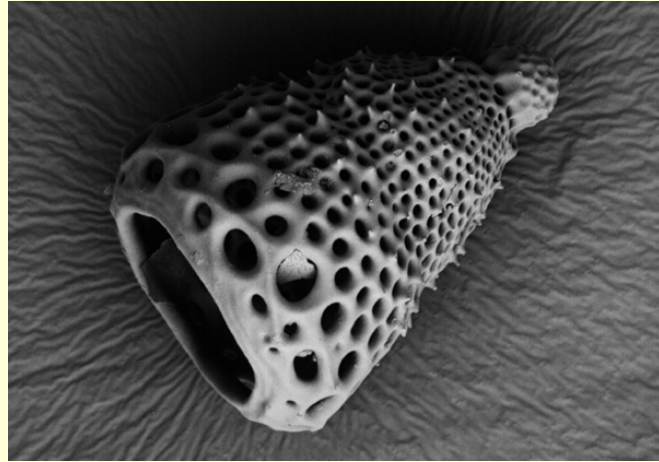
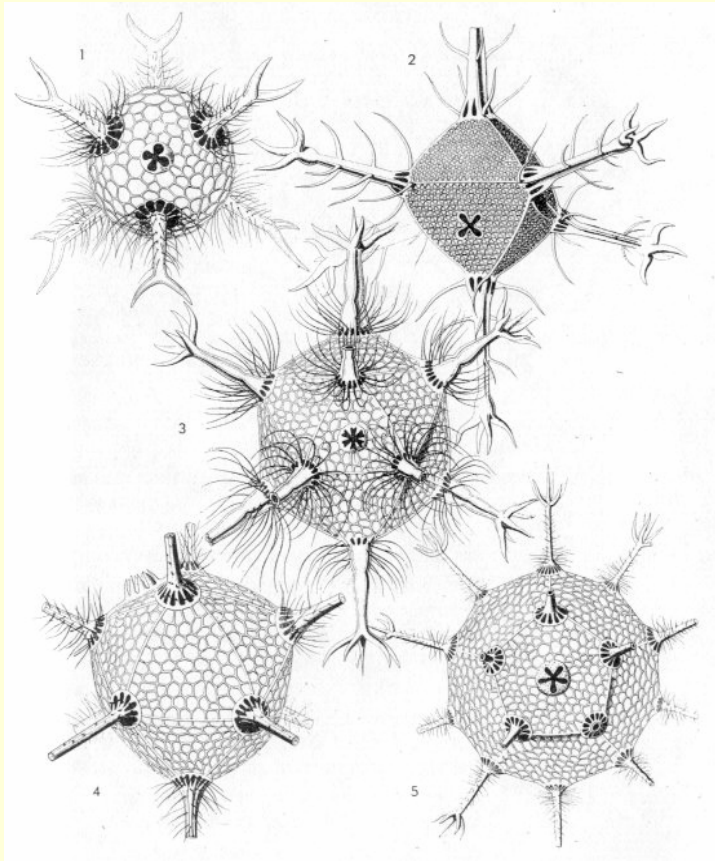


Biológia

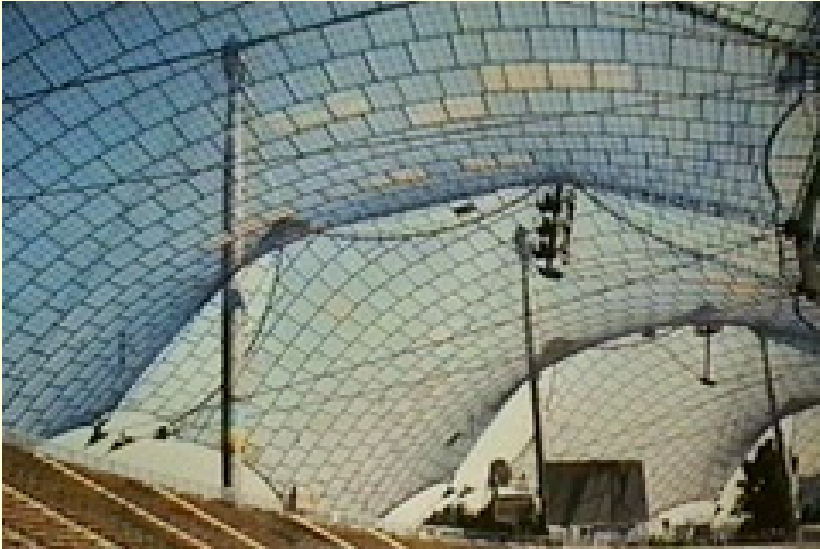
sejtmembrán

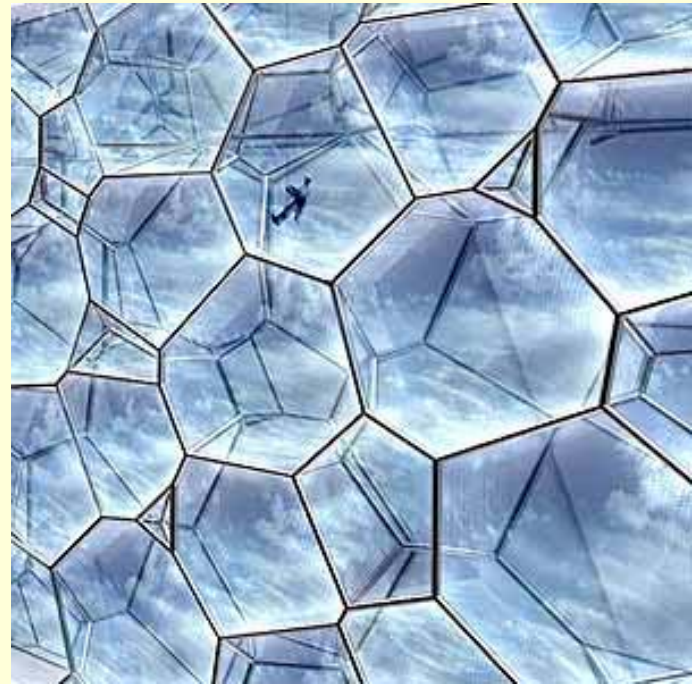
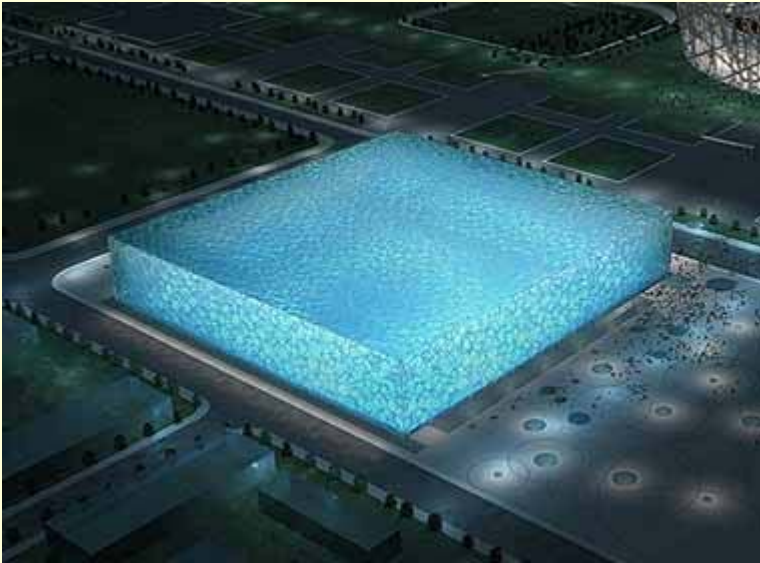


Sugárállatkák (Radioláriák)



Építészet





„Water cube“
uszoda
Peking 2008

Kutatás

kétdimenziós áramlások vizsgálata



Tudománytörténetük

(felületi feszültség fogalom kialakulása, fejlődése)

- Leonardo da Vinci
- I. Newton
- R. Hooke
- Segner János András
- T. Young
- M. Laplace
- C. Gauss
- Joseph Ferdinand Plateau
 - Plateau-szabályok (a habok szerkezeti felépítése)
- J.W. Gibbs
 - Vékonyodási mechanizmusok, stabilitásuk
- Lord Rayleigh
 - Folyadékszálak, a „szappanhártya-cső” alakja, instabilitások
- Lord Kelvin

- Cyril Isenberg napjainkban tudományos népszerűsítő

Kutatás otthon egyszerű eszközökkel

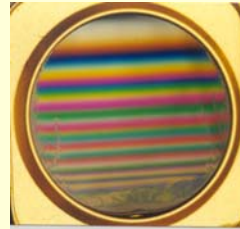
- Játék, látvány, esztétikum,
varázslatos tudomány

Kísérletek:

oldatok
kellékek

Oldatok

- **1. oldat**
100 ml víz
100 ml glicerin
2 kávéskanál mosogatószer



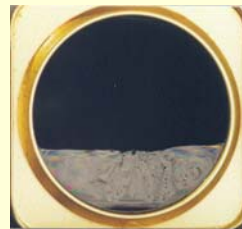
1

- **2. oldat**
200 ml víz
2 kávéskanál mosogatószer
2 kávéskanál glicerin



2

- **3. oldat**
200 ml víz
4 kávéskanál mosogatószer
2 kávéskanál glicerin



3

Kellékek

- Teásdoboz(ok)
 - belülről fekete matt papírral kibéleelve
- Szívószálak
- Oldatok (mosogatószeres, glicerin)
- Gyertyák
- Gyufa
- Műanyag dobozok, doboztetők (tálak)
- Törlőpapír
- Pamuttal bevont drótkeretek
- Papír (lehetőleg öreg, elsárgult)
- Zene

Óriás buborékok

buborék kerettel, papírral

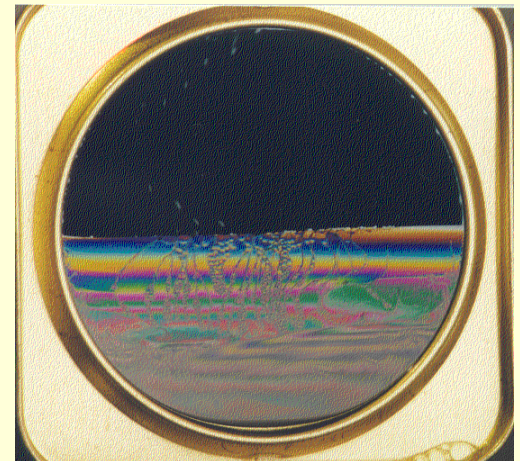
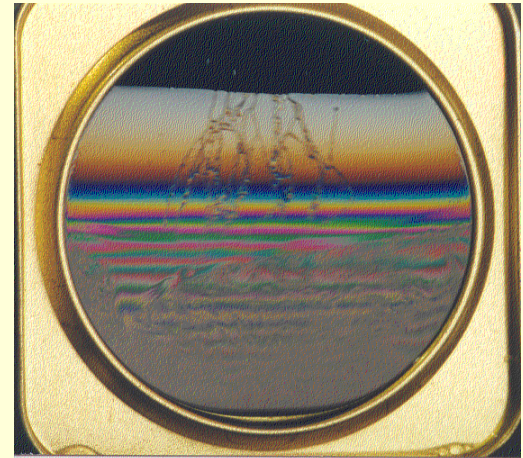
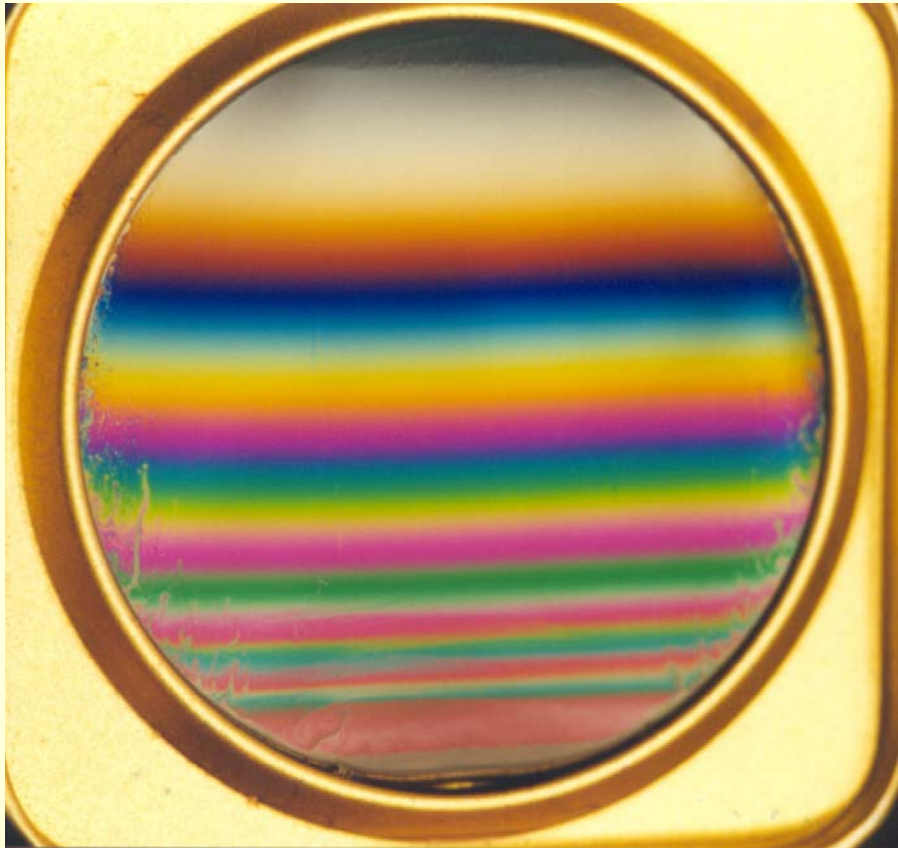




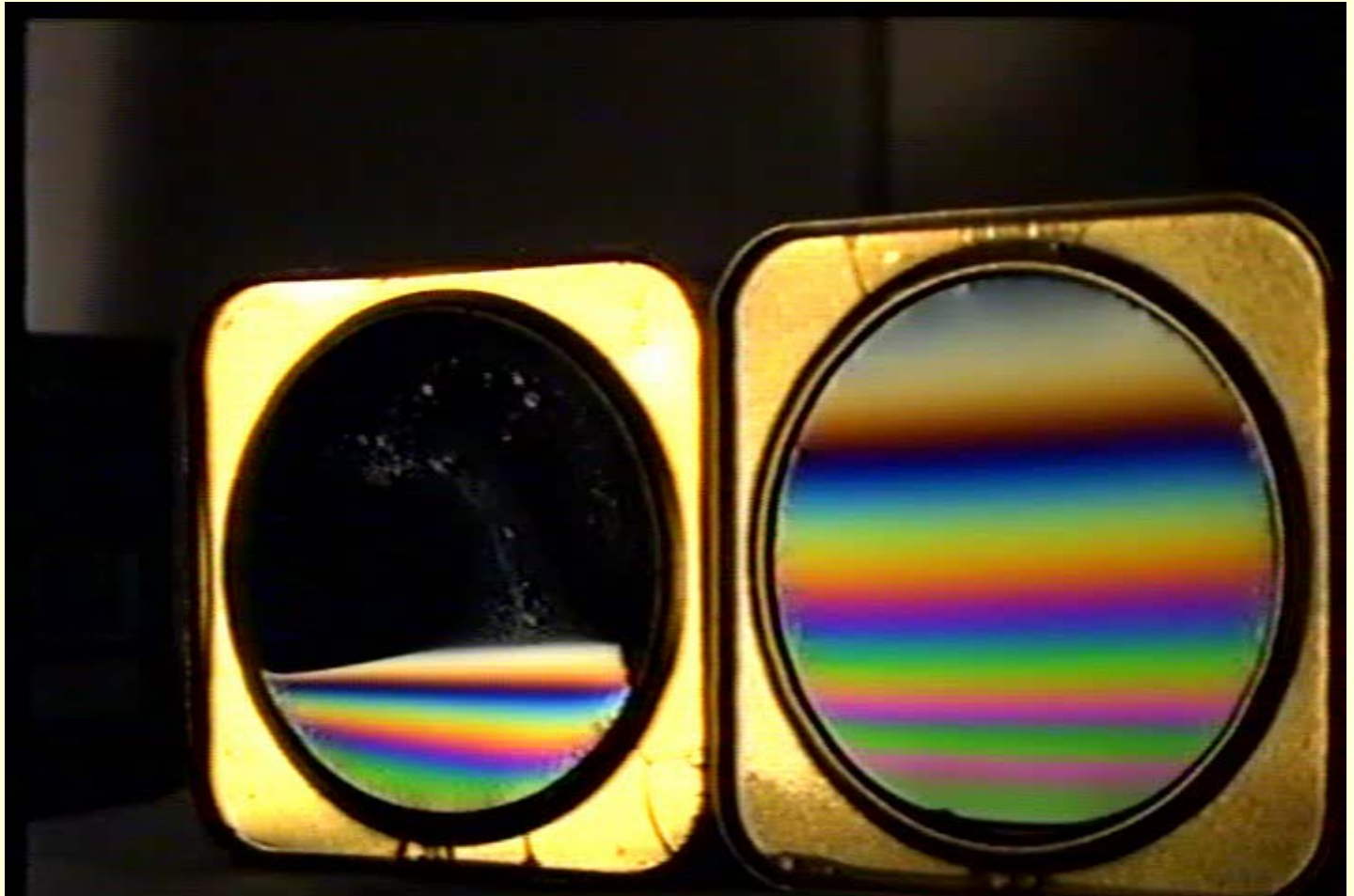
Félbuborék



Színes szappanhártyák (visszavert fényben)

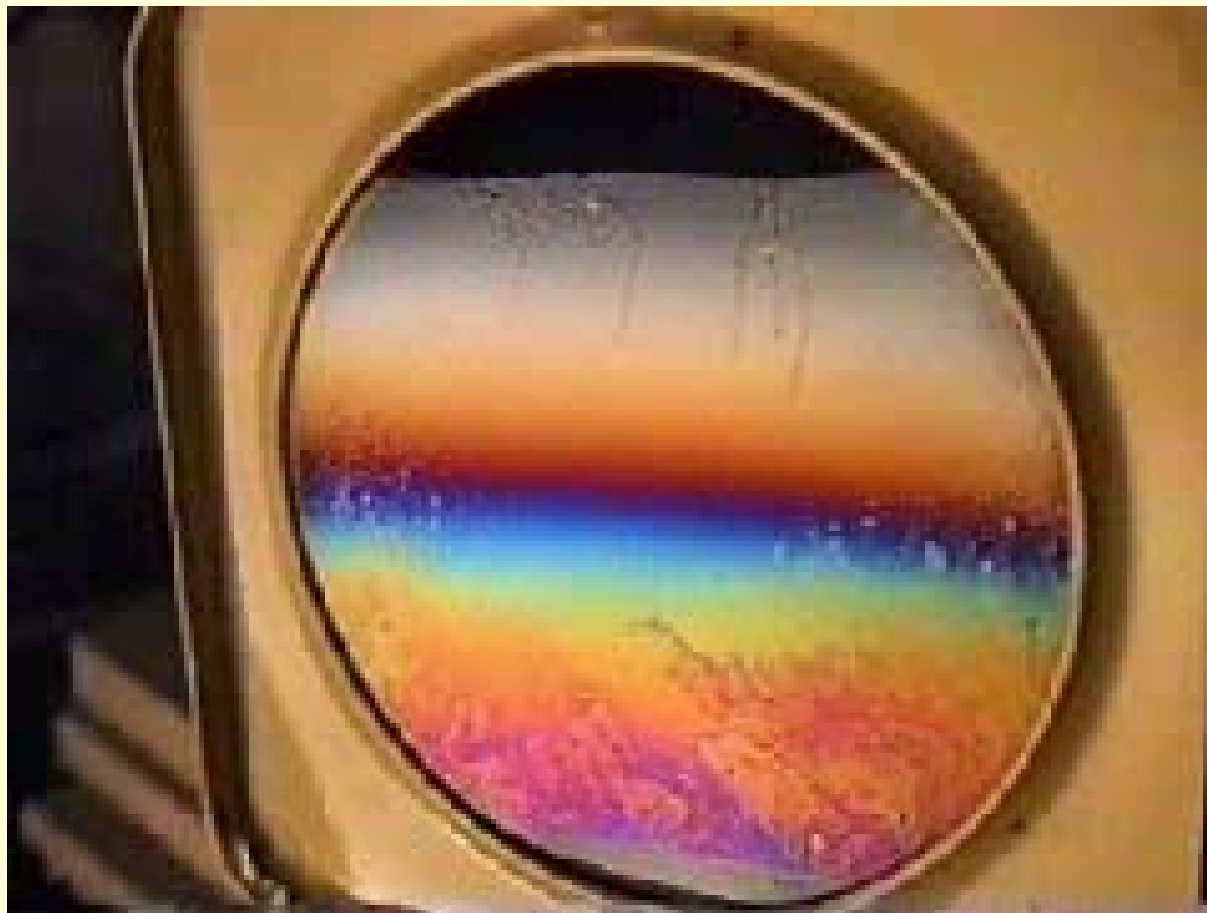


Vékonyodás (élettartam)

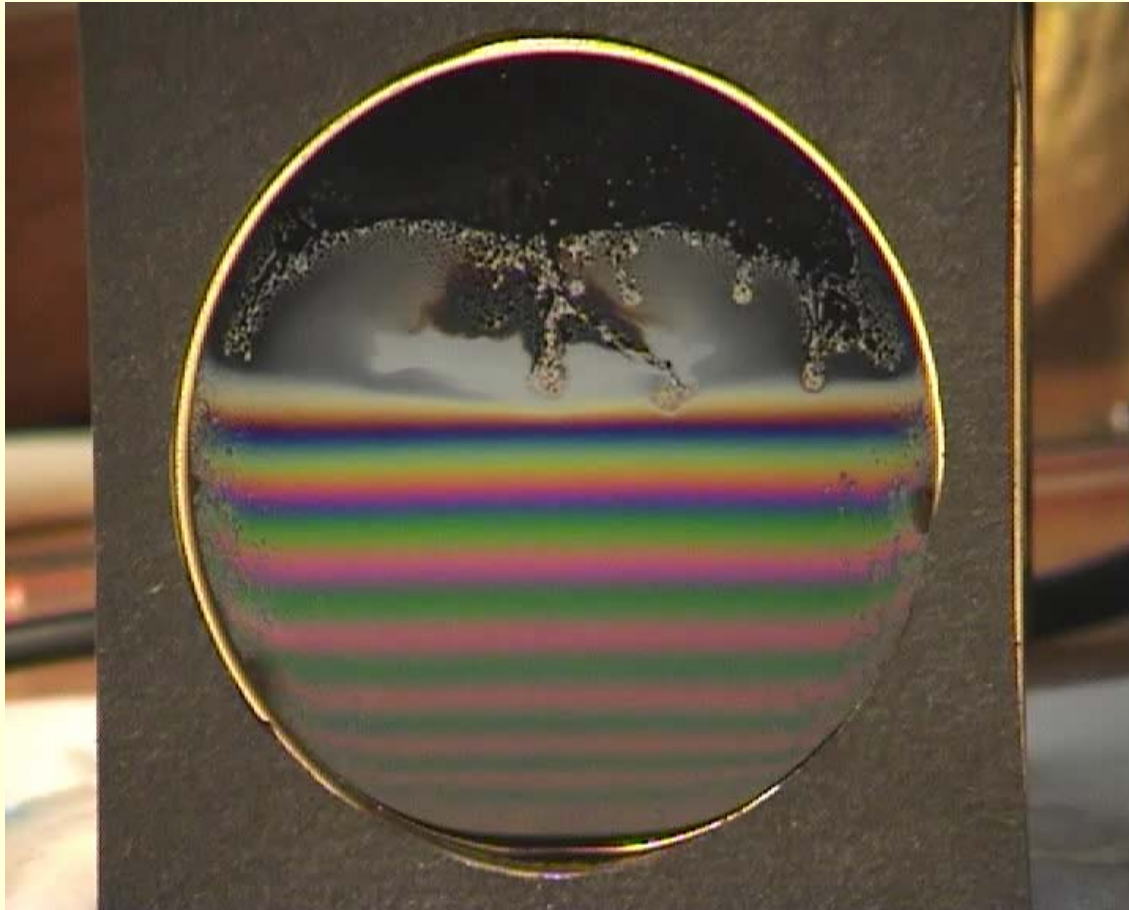


Vonzó látvány

(játék és tudomány)



Más típusú szappanhártya



Mit láttunk?

(a nyugodt hártya és a hanghatás)

- Színes csíkrendszer, ismétlődő sávok
- Színek függőleges mozgása, a csíkok szélesedése
- Színek kavargása
- „Fekete hártya” megjelenése, terjedése

- Zene hatása:
- Fényes és sötét koncentrikus körök felvillanása
 - a körök száma változó
- Szimmetrikus örvénylő tartományok

Hol keressük a magyarázatot?

- Kémia
 - molekuláris felépítés, a hártya szerkezete
- Fizika
 - színek, koncentrikus gyűrűk
- Matematika segítségével
 - leírás
- Analógiák használata
 -olyan, mint.....

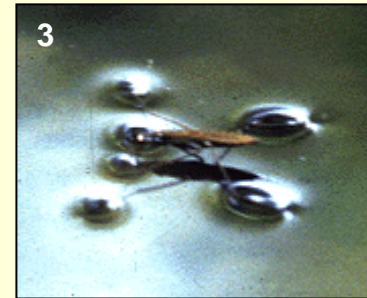
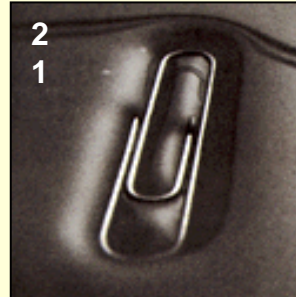
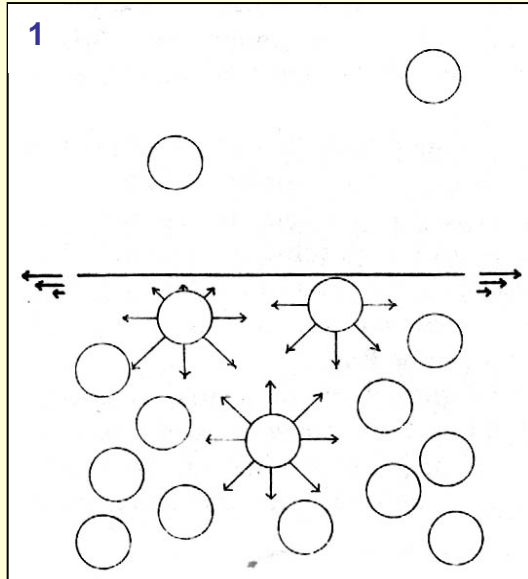
Magyarázat

- A szappanhártya szerkezete
 - kémia
- A vékonyodás módja, mechanizmusa
 - gravitáció, áramlás, párolgás
- A színek eredete
 - fényinterferencia vékony rétegeken
- A szappanhártya rezgetése hanggal
 - rezgő membrán, rezonancia jelensége
- A fényes gyűrűk eredete
 - Állóhullámok két dimenzióban
- Az örvények viselkedése
 - eredete???
 - szimmetrikus örvénylelés
 - (áramlások tanulmányozása kétdimenziós rendszerekben)

A víz felületi feszültsége

(levegőre vonatkoztatott határfelületi feszültség)

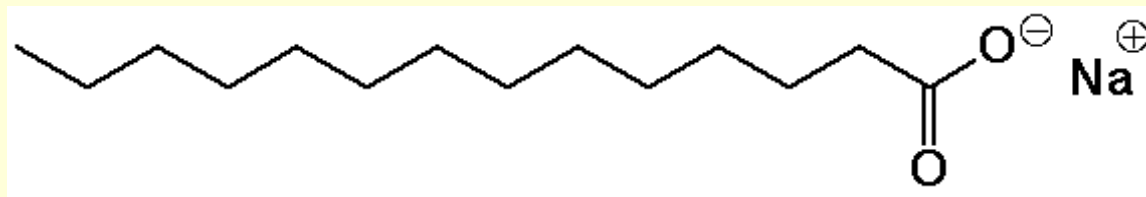
$$\sigma \left[\frac{N}{m} \quad \text{vagy} \quad \frac{J}{m^2} \right]$$



felületi feszültség

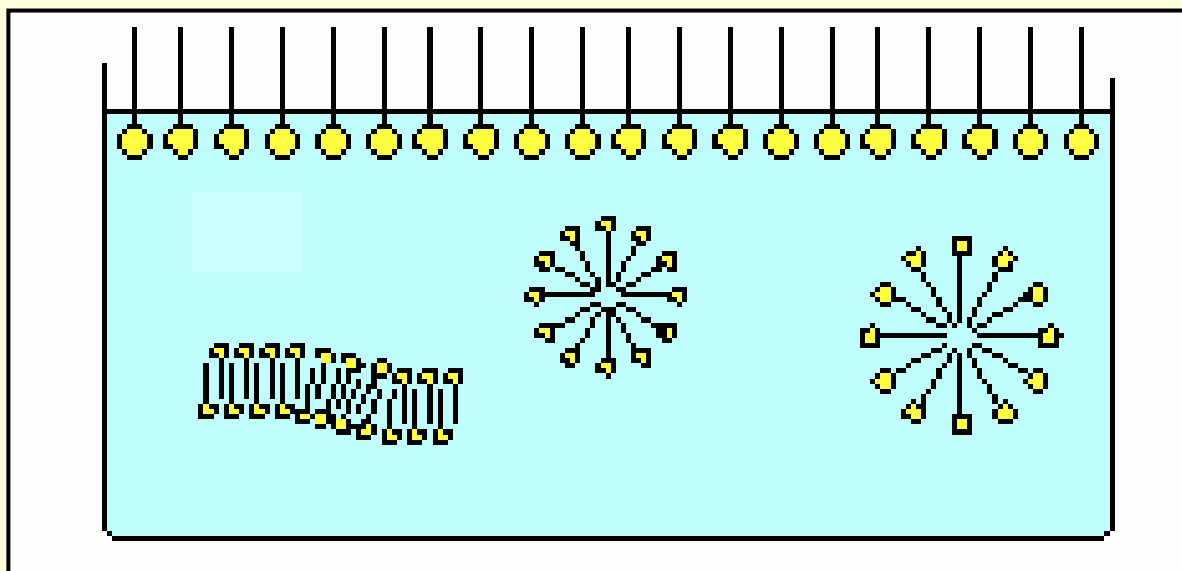
határfelületi energia

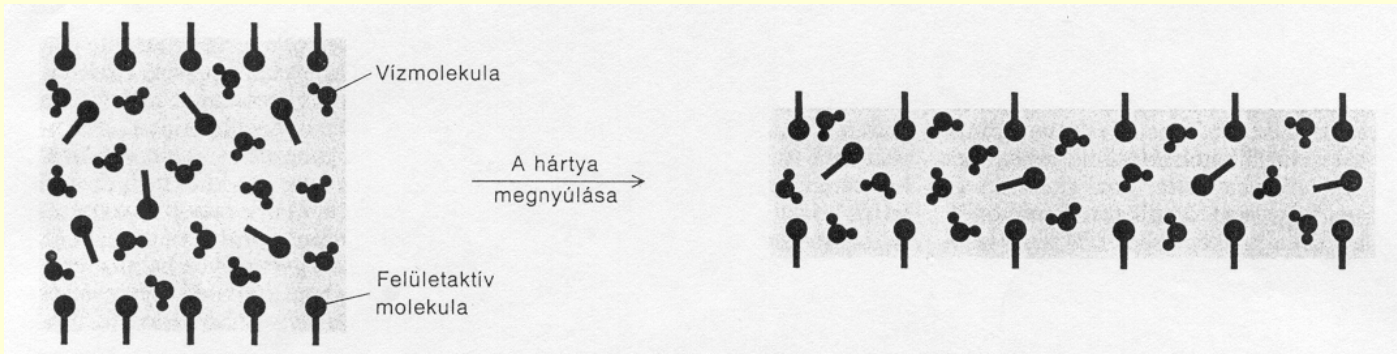
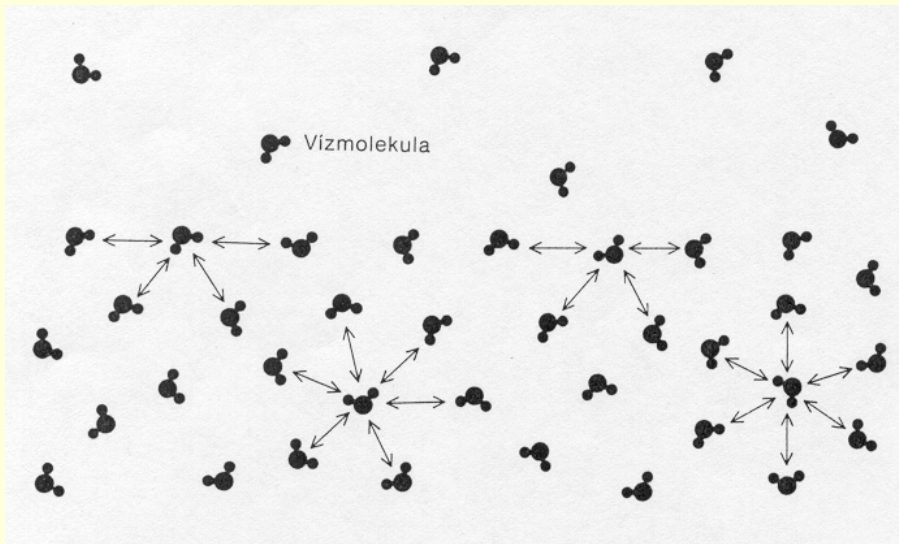
A felületaktív anyagok felépítése, szerveződése

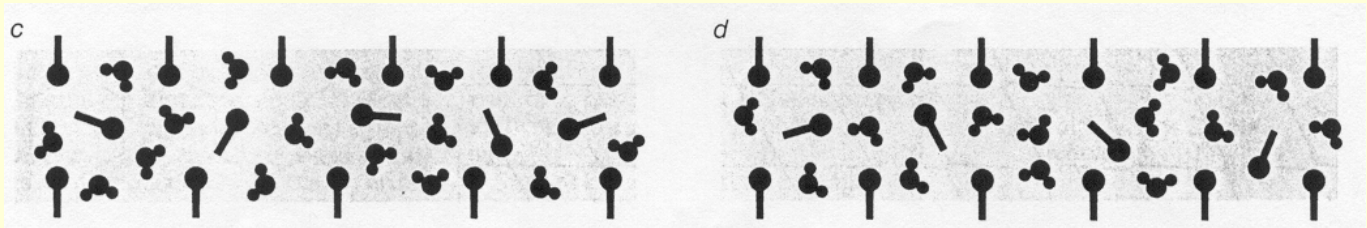
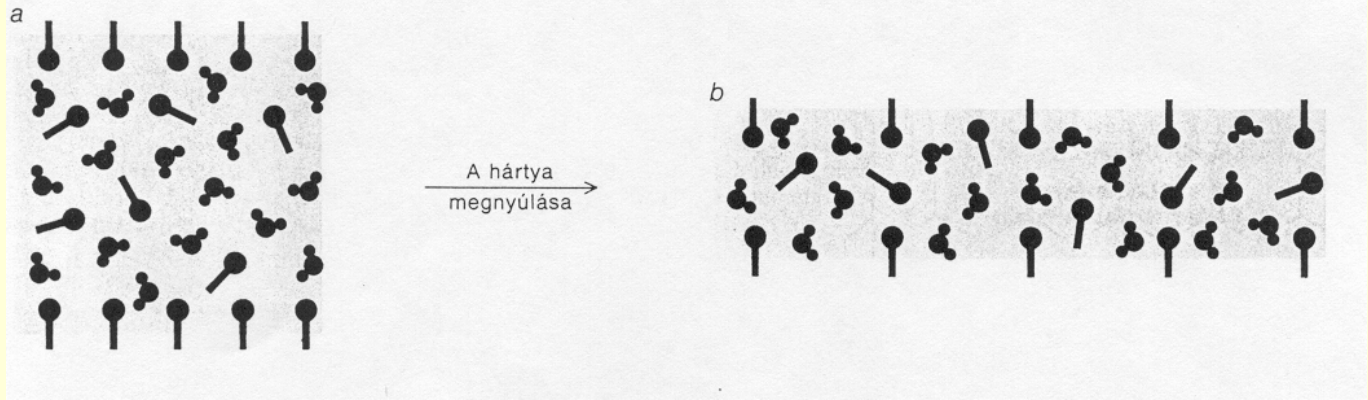


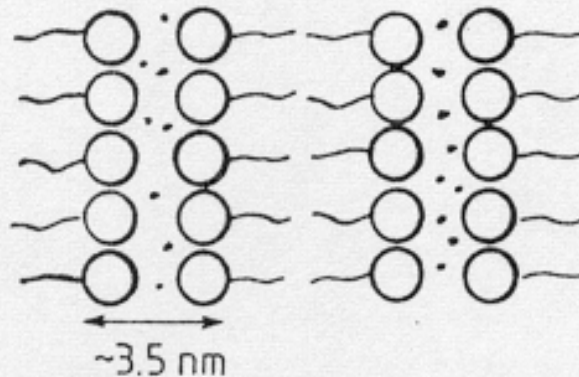
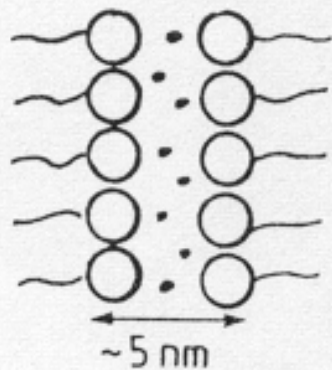
amfipatikus ionok: poláris és apoláris rész molekulán belül

Szappanok, mosószerek
tenzidek

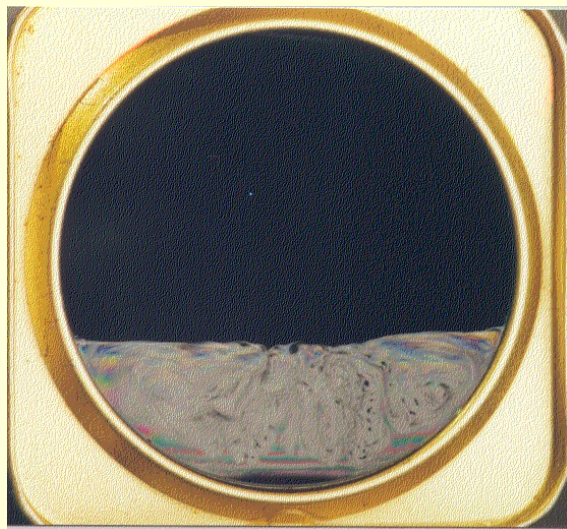




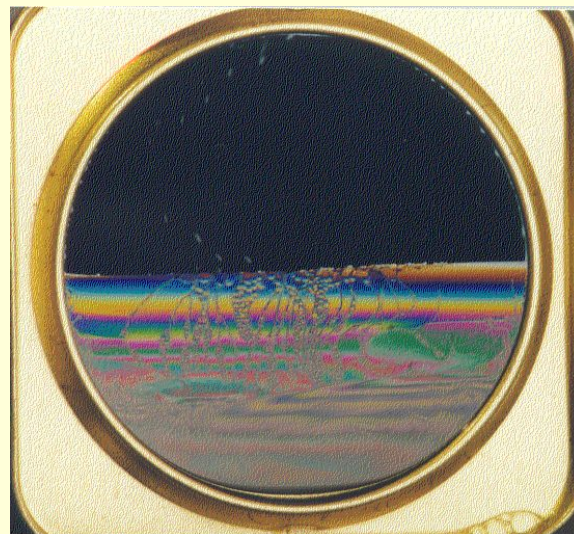




Newton-féle fekete
hártya

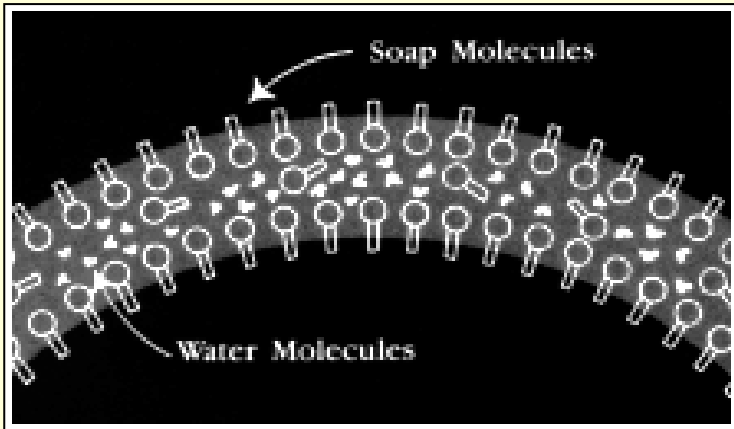


közönséges fekete hártya
többrétegű

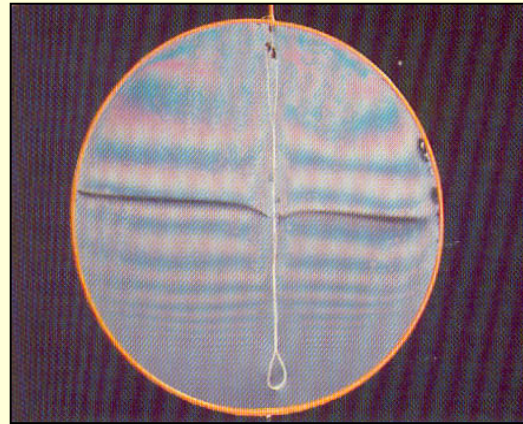


Buborékok

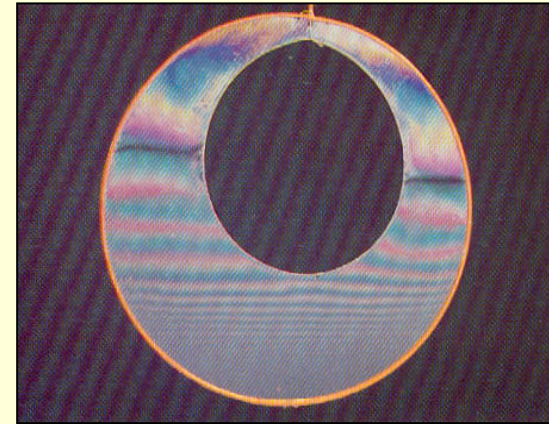
gömb alak, minimális felület, minimális energia



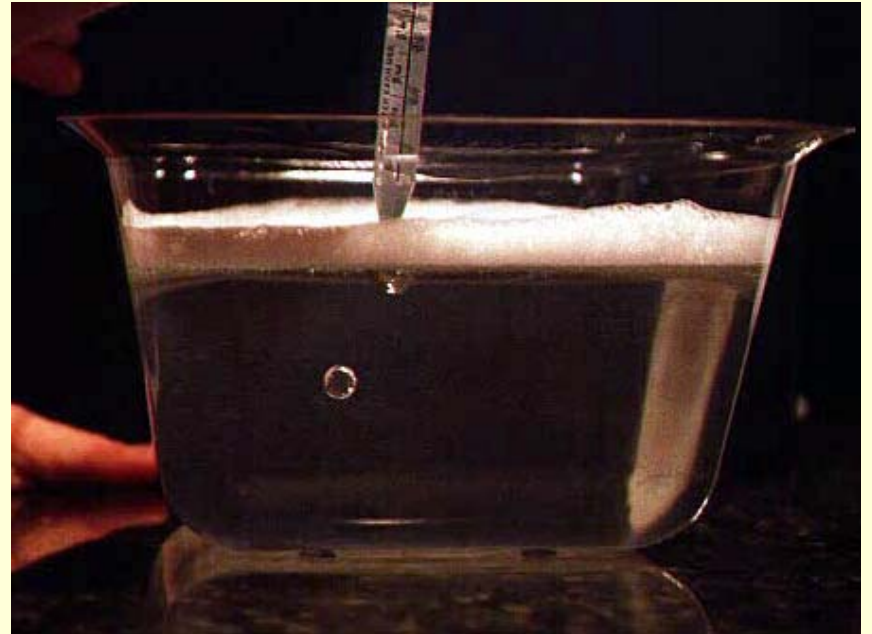
A szappanbuborék szerkezete



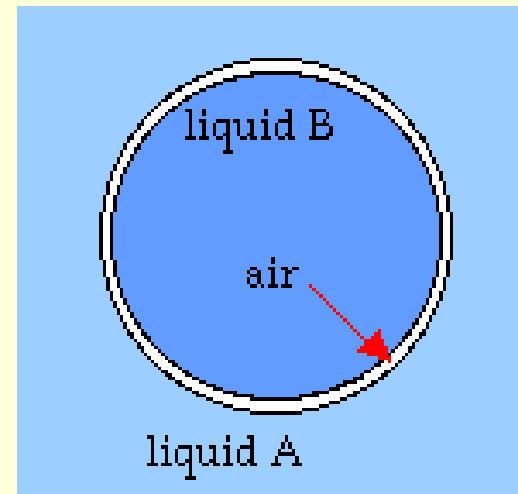
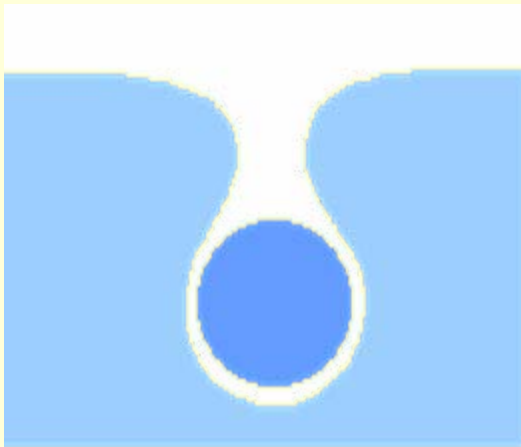
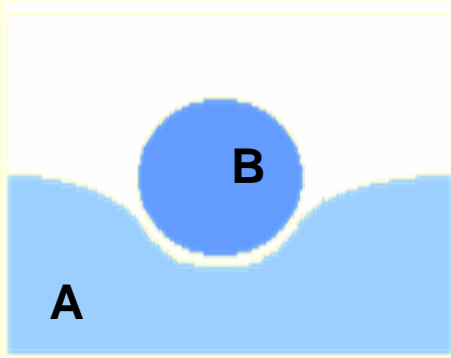
Minimálfelület két dimenzióban



Antibuborék

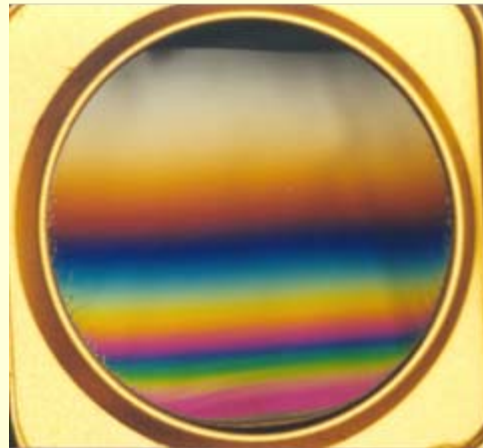
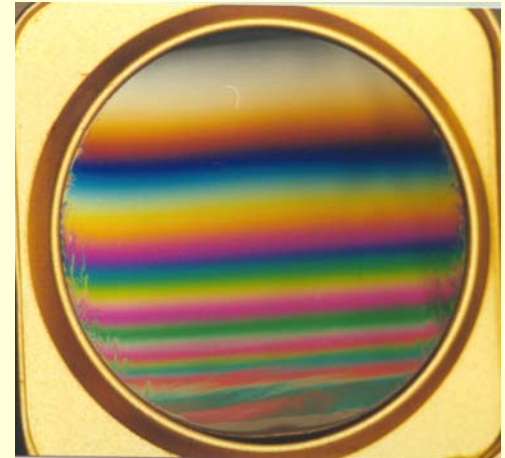
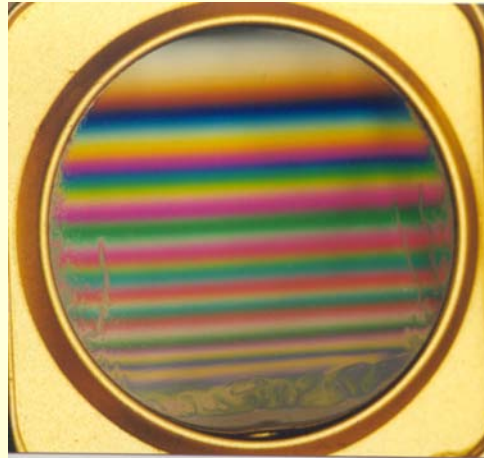
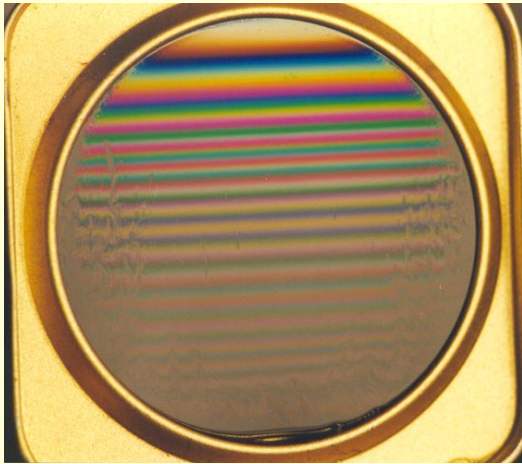


Antibuborék keletkezése

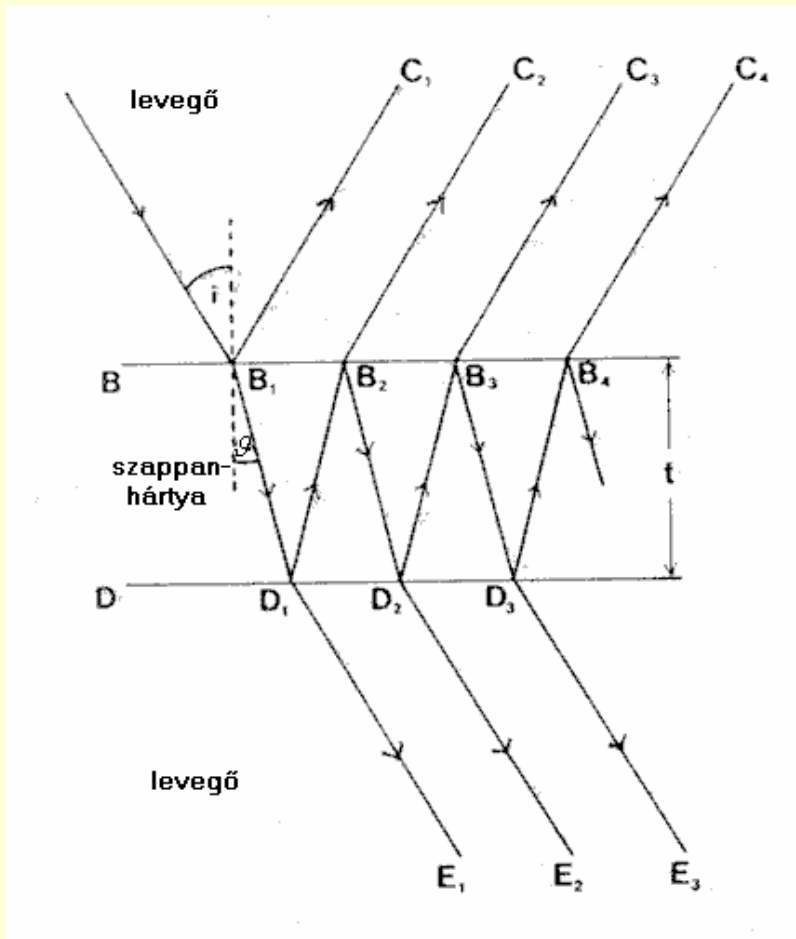


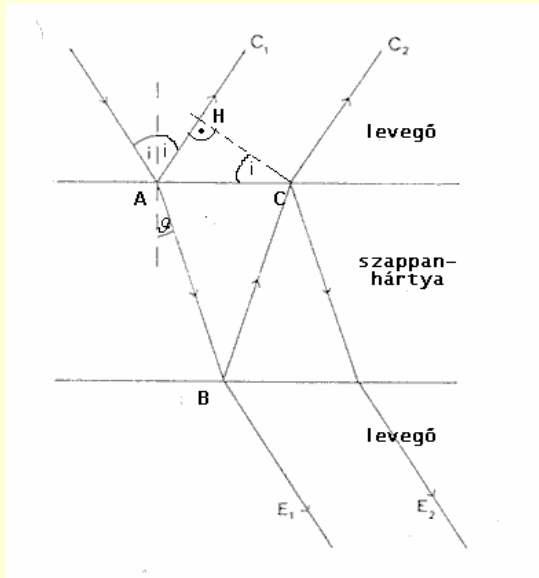
Az antibuborék szerkezete

Vékonyodás-színek



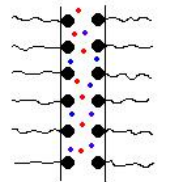
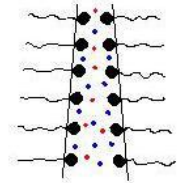
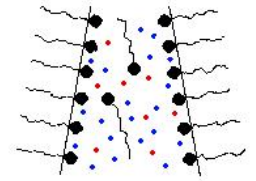
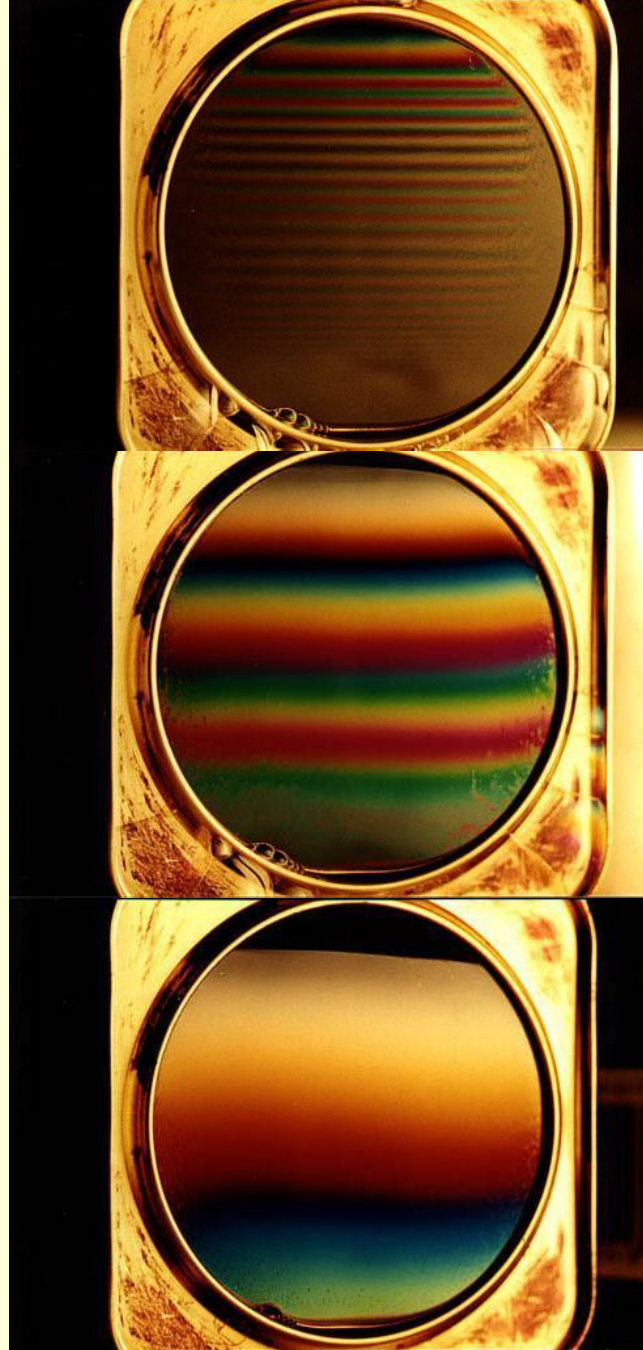
Vékonyréteg-interferencia



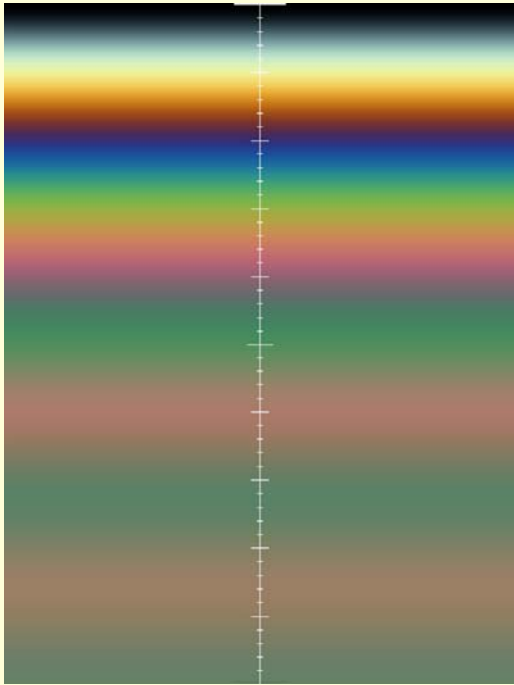


$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \left(2nt \cos \theta + \frac{1}{2} \lambda \right)$$

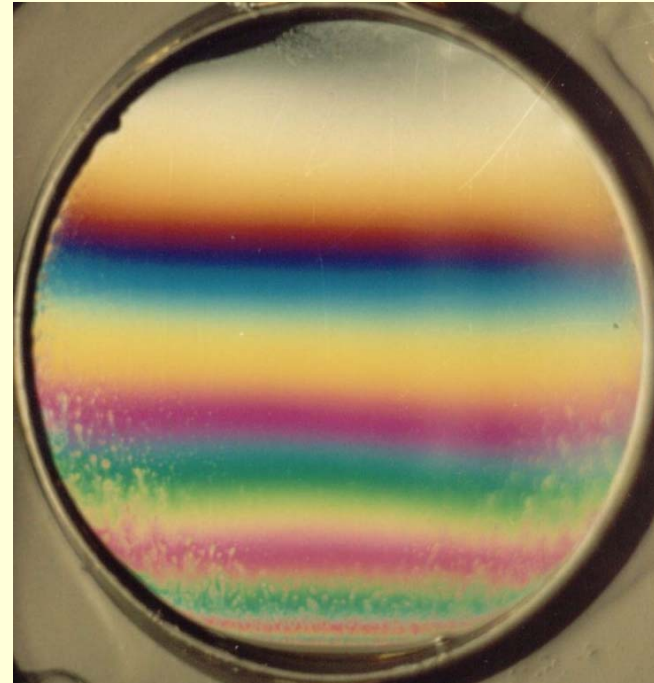
$$I_r = 4I_i R \sin^2 \left(\frac{2\pi}{\lambda} nt \cos \theta \right)$$



Valóság-számítógépes szimuláció



szimulált kép



valóság

Szappanhártya forgó dobozon



buborékok

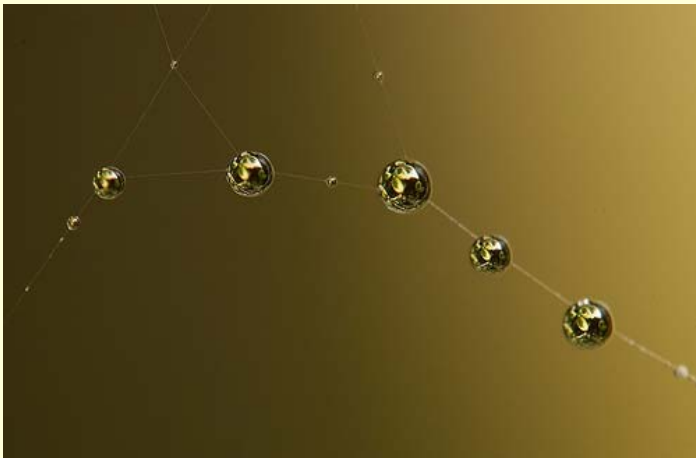
$$p = \frac{4\sigma}{R}$$



cseppek



$$p = \frac{2\sigma}{R}$$



- **A szappanhártya, mint.....**
 - sík-, homorú-, domború tükör
(geometriai optika: a leképezés)
 - „kétdimenziós húr” (membrán)
(hullámtan: állóhullámok)
- **A szappanbuborék**
 - leképező „eszköz”

A szappanhártya, mint tükör



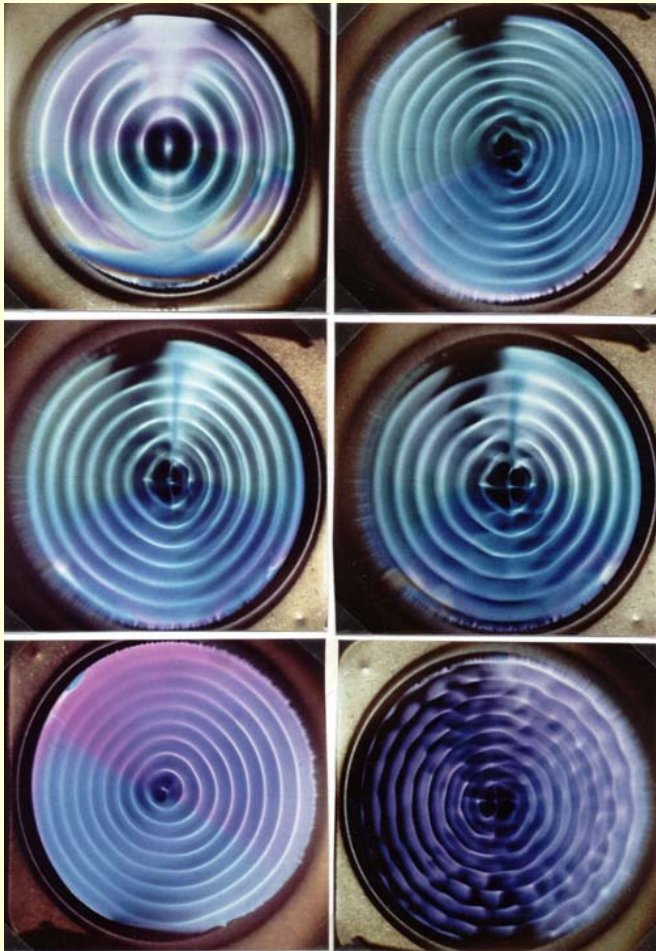
„optikai feketedoboz”



Szappanbuborék leképezése

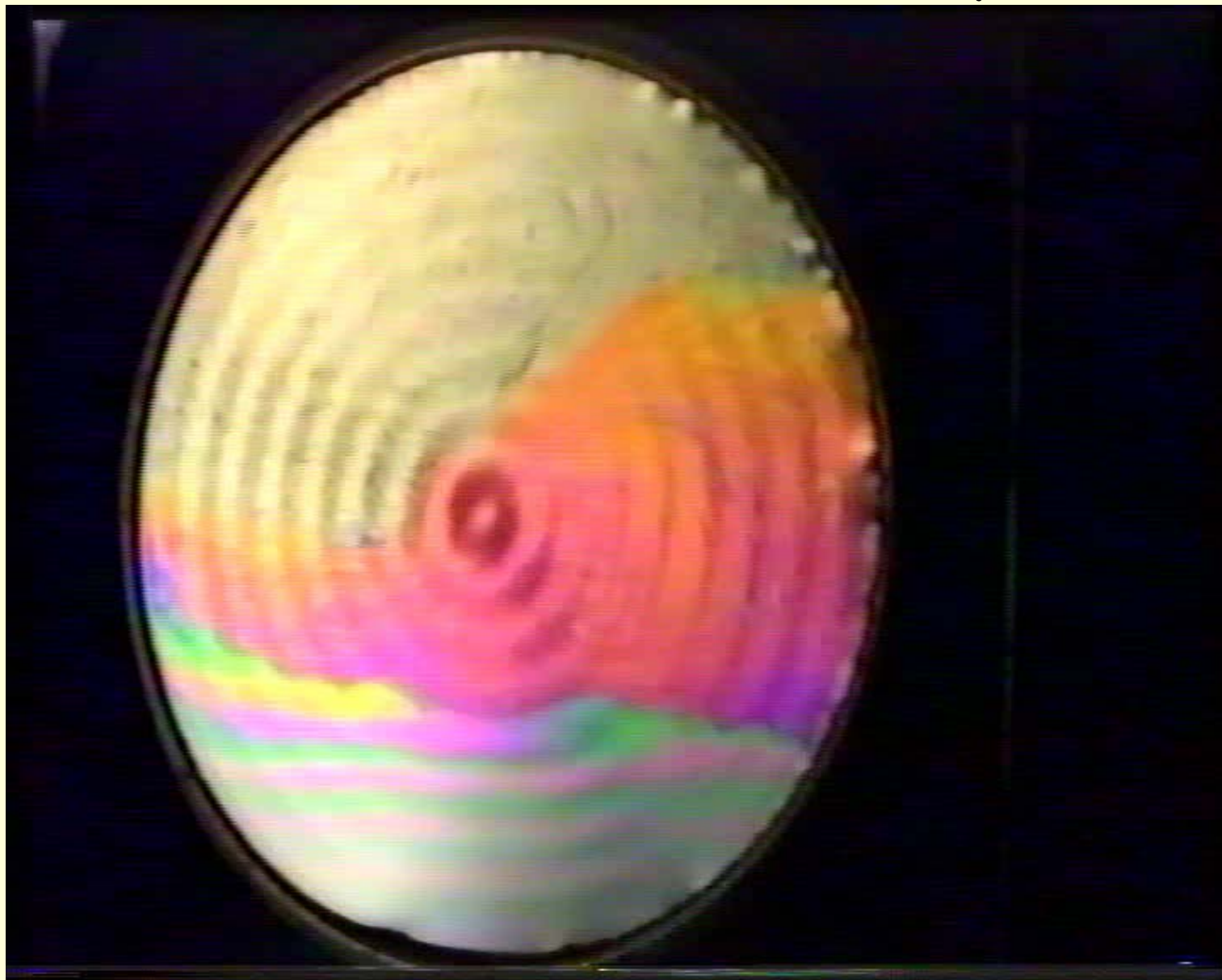


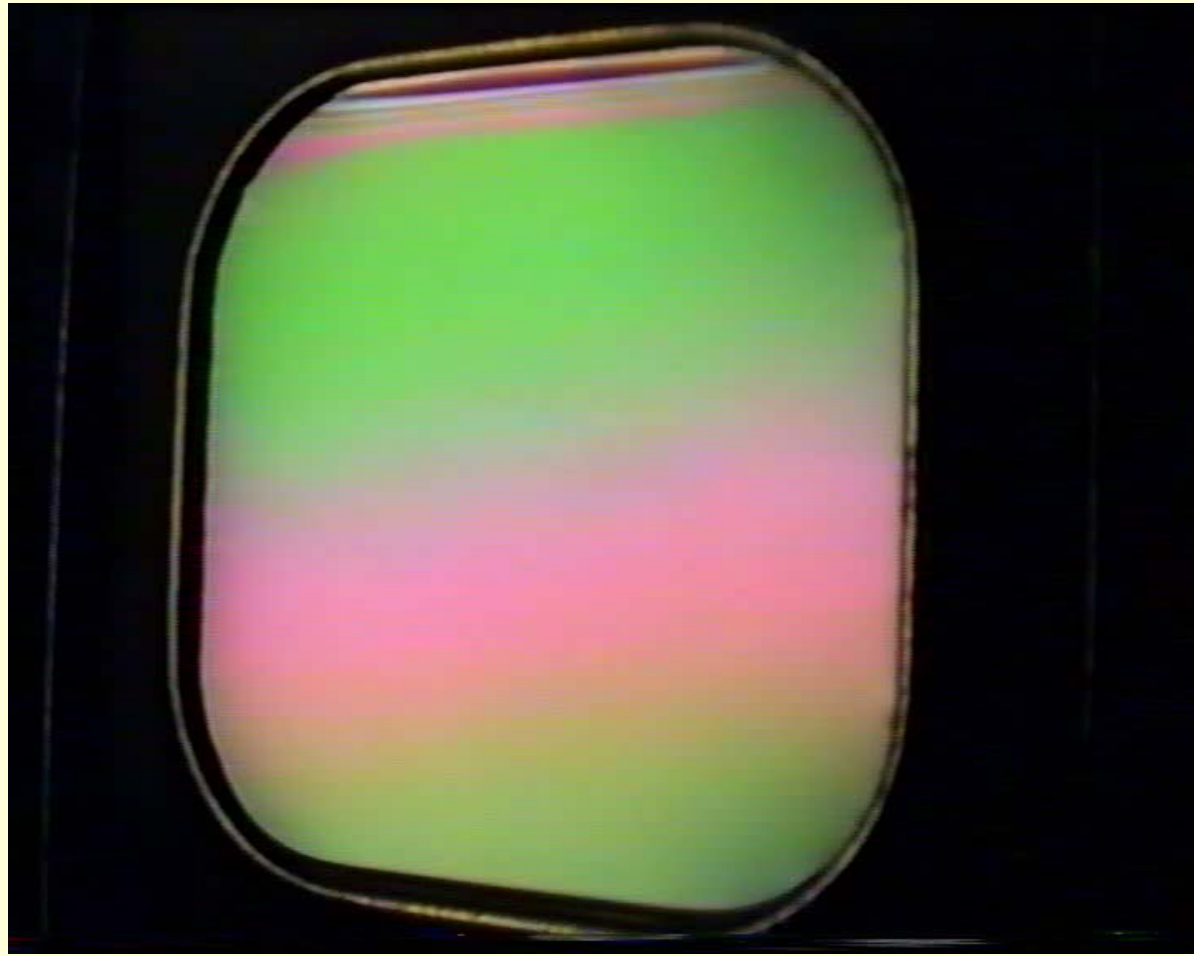
Kétdimenziós állóhullámok



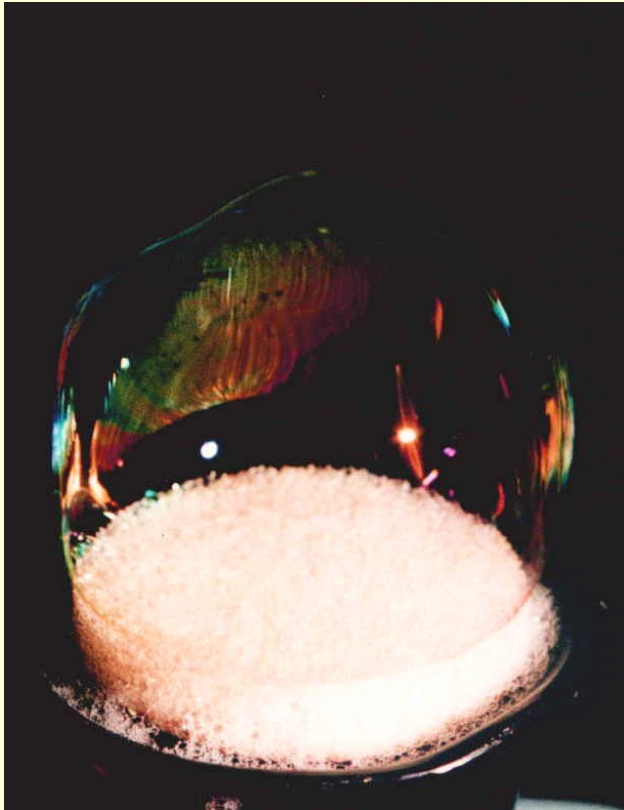
- „a szappanhártya-dob”
- „dobverő”
 - hangszóró
és
 - hanggenerátor

Állóhullámok és örvények





Háromdimenziós állóhullámok



- buborék rezgése
 - (megfelelő méret beállítása)
- masszírozógép

Lebegő buborék (diffúzió)



szódabikarbóna+ecet
szén-dioxid

Vizes habok szerkezete

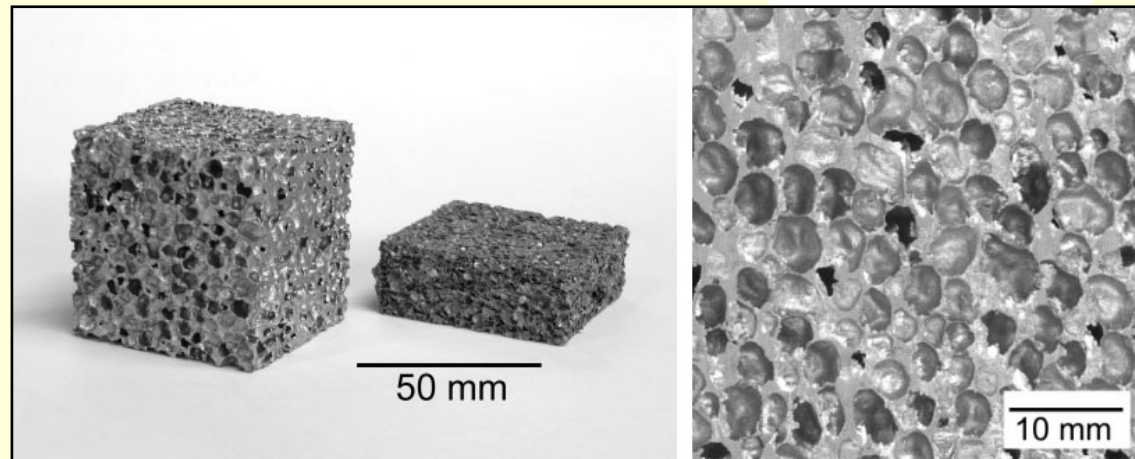
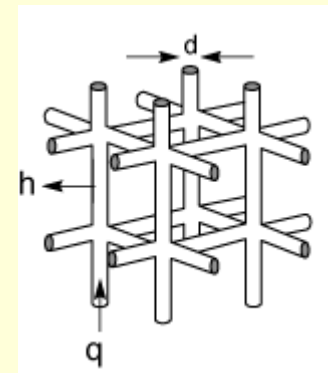
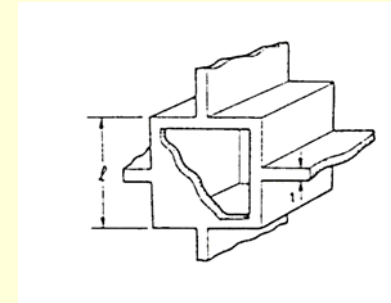
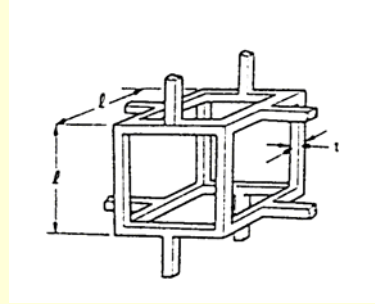
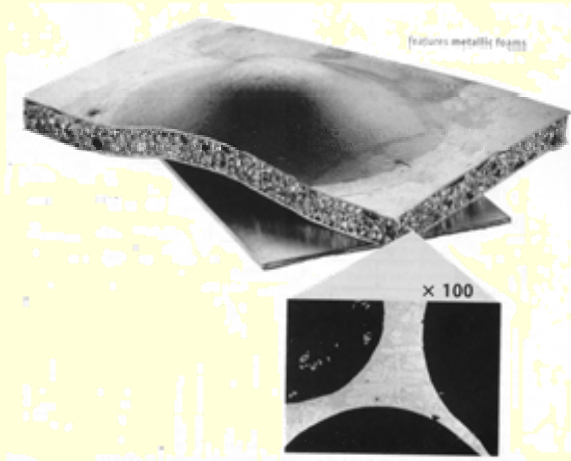


gömbhab



soklapú hab

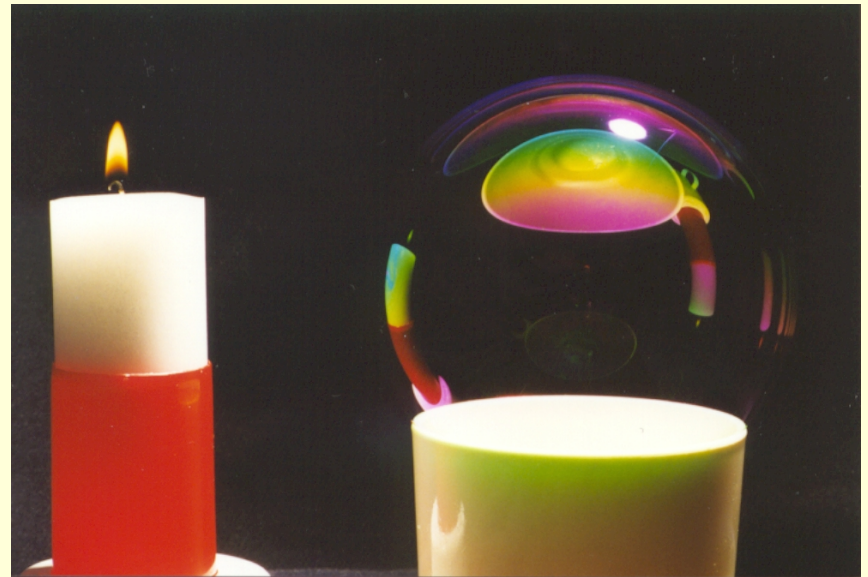
Fémhabok



Szappanbuborékok a művészetben (fizika és esztétika)

- Miért vonzó a buborék a művész számára?
 - a rövid „élettartam”
 - a tökéletes alak
 - a színek
 - érdekes tükröződések
 - „torzult valóság”

„Vanitatum vanitas”
szimbolikus jelentés
„Homo est similis bulla”



A buborék, mint képzőművészeti téma

- „Vanitas-csendéletek”
 - új műfaj a 17. századi németalföldi festészetben
 - a buborék szimbólum
 - a mulandó emberi lét
 - a törékeny fizikai szépség
 - a világ csalóka és múló dicsősége
- A 18.-19.-20. századi zsánerfestészet
 - a buborék elveszti szimbolikus jelentését,
 - jelenetbe ágyazva tér vissza



David BAILLY
Önarckép vanitas - szimbólumokkal, 1651
(Stedelijk Museum "De Lakenhal", Leiden)



Jean - Baptiste - Simeon CHARDIN
A szappanbuborék, 1739 körül
(Metropolitan Museum of Art, New York)



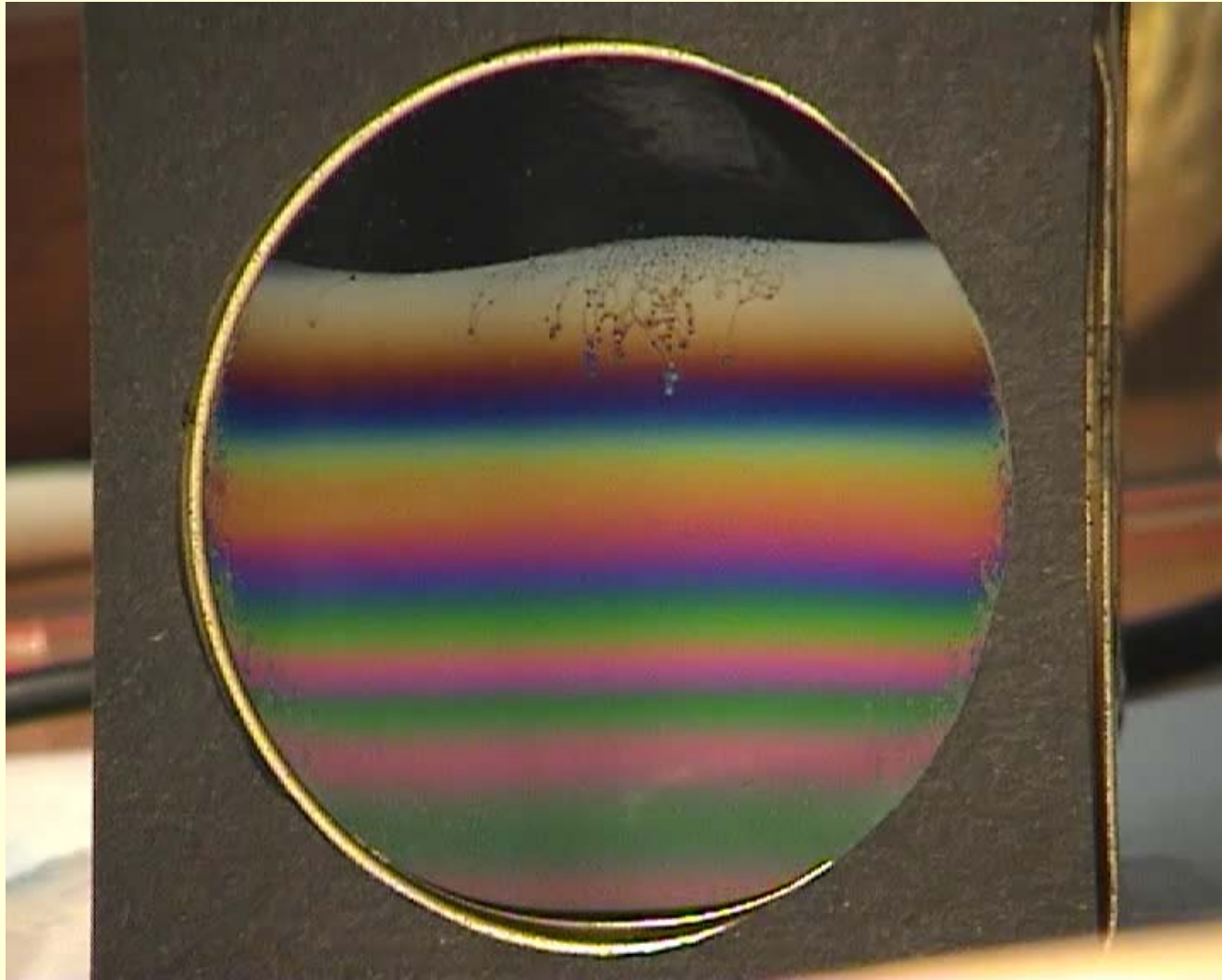
Jan van KESSEL I.
Vanitas - csendélet, 1665 körül
(National Gallery of Art, Washington, DC)



Jan II. de HEEM
Vanitas - csendélet virágokkal, 1685
(Louvre, Paris)



Szappanbuborék
Glatz Oszkár 1872-1958



Köszönöm a figyelmet!