

jUNIOR egyetem



2010. november 10.

TUDOMÁNY GYŐRBEN MINDENKINEK

KÖSZÖNTJÜK HALLGATÓINKAT!

Önök **Horváth András:**

Égi szín-játék
c. előadását hallhatják!



**SZÉCHENYI
ISTVÁN
EGYETEM**
TUDÁSMENEDZSMENT KÖZPONT



UNIVERSITAS-GYŐR
NONPROFIT Kft.

Befektetés a jövőbe

Új Magyarország
FEJLESZTÉSI TERV



Égi szín-játék

*Vörös az ég alja:
Aligha szél nem lesz!*

*Milyen volt szeme kékje, nem tudom már,
De ha kinyílnak ősszel az egek,
A szeptemberi bágyadt búcsúzóznál
Szeme színére visszarévedek.*

A Kedves szeme színétől a meteorológiai jóslatokig előbukkannak az égi színek.

„azúrkék égbolt”, „bíbor naplemente”, „tündöklő szivárvány”

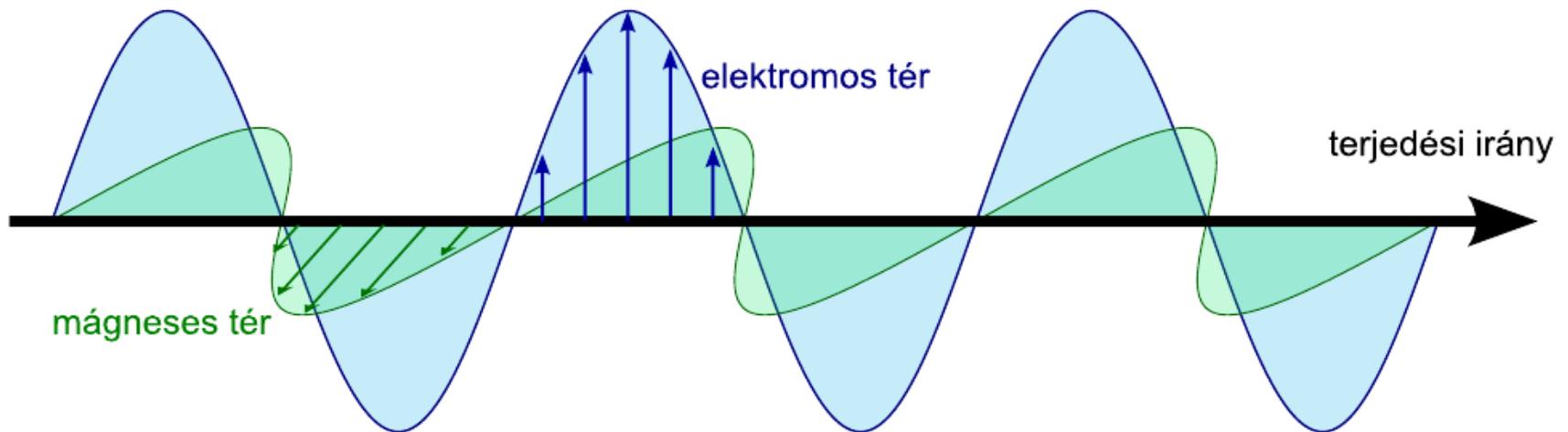
Miért ilyen színes az ég?
(És mire lehet ezt a tudást felhasználni?)



Egy kis optika

A fény:

- elektromágneses hullám
- ezredmilliméternél kisebb hullámhossz (400 – 800 nm)





Tiszta színek

Csak egy hullámhosszt tartalmaznak.



Forrás: Wikipedia

- szivárvány színei (közelítőleg)
- lézerek
- nátrium-lámpa (közelítőleg)



Kevert színek

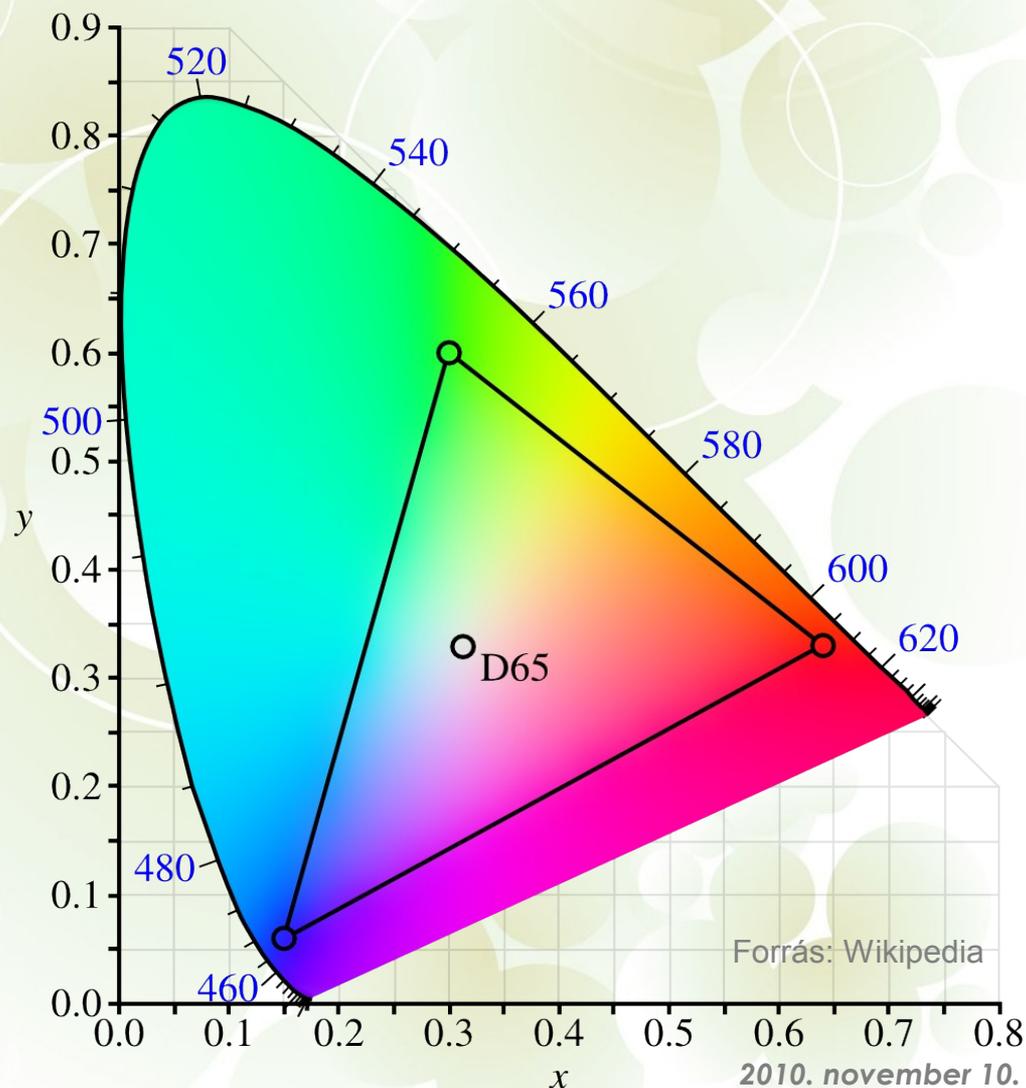
Több tiszta szín keveréke.

Ábrázolás: **színpatkó**.

Két szín keverésével az összekötő egyenesük pontjai állíthatók elő.

A jelölt háromszög azt mutatja, ahol az átlagos monitorok színhűek:

Az élénk színek megjelenítéséhez kísérlet kell!





Mi történhet a fénnel az égbolton?

Keletkezik.

Fő fényforrások: Nap, Hold.

Elnyelődik.

Pl. a légkörben levő por részecskéken.

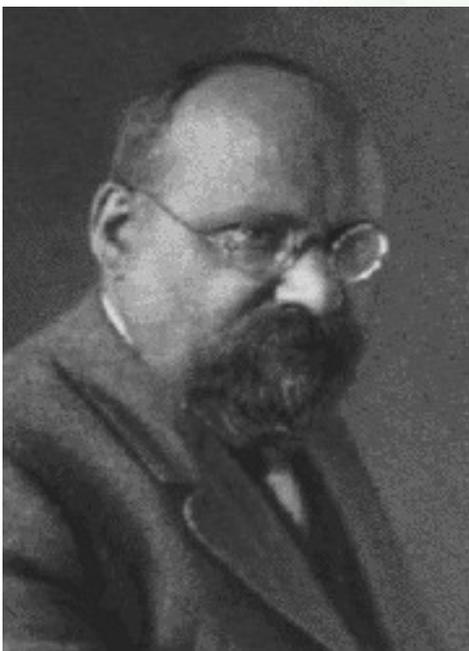
Írányt változtat.

- Közeghatáron (sűrűségváltáskor) megtörik.
- Kicsi részecskéken **szóródik**.

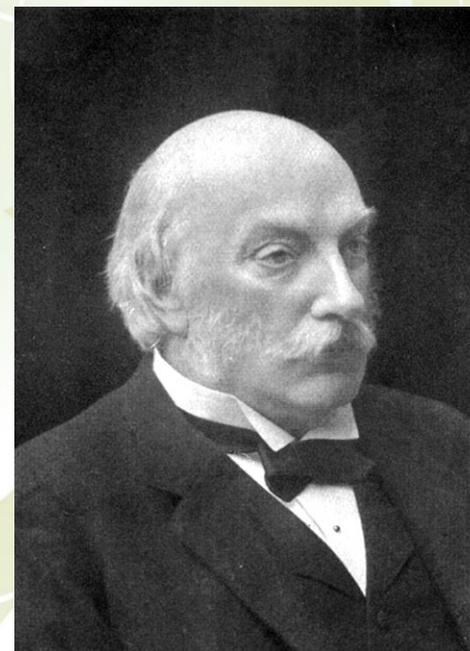




A fényszóródás



Gustav Mie (1869–1957):
fényszórás általános elmélete
(általános, de bonyolult elmélet)



Lord Rayleigh (1842–1919):
fényszórás kis részecskéken
(egyszerűsített elmélet)



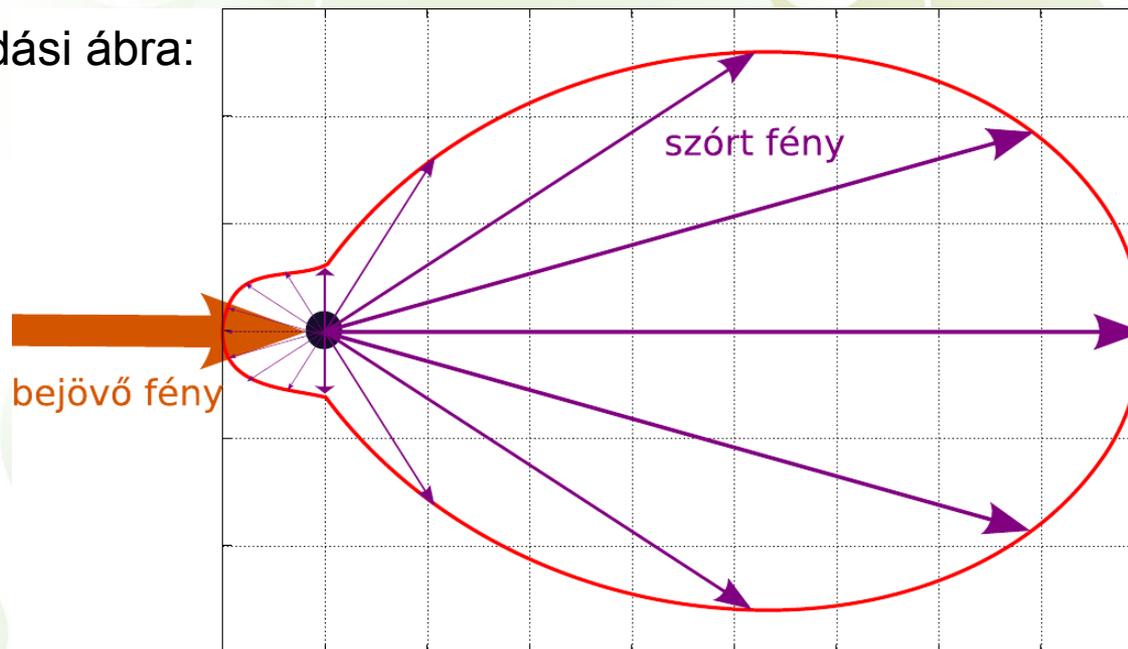
Közepes részecskék hatása (Mie-szórás)

A hullámhosszal kb. egyező méret esetén igen bonyolult a szórási kép.

Általános jellemzők:

- előre sokkal több szóródik, mint oldalt vagy hátra
- közel független a hullámhossztól

Közelítő szóródási ábra:

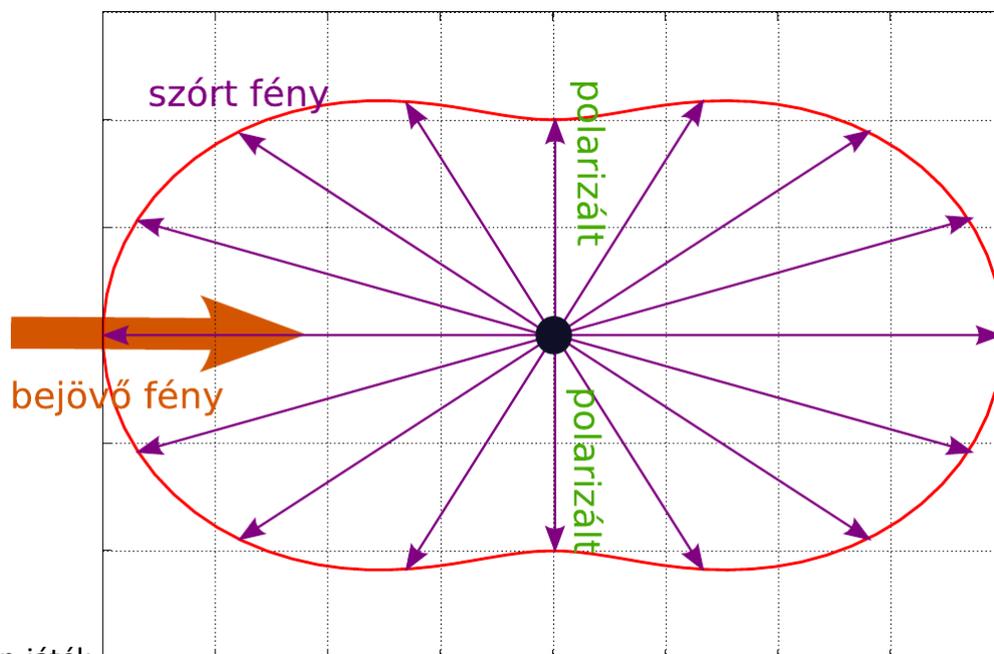




Kis részecskék hatása (Rayleigh-szórás)

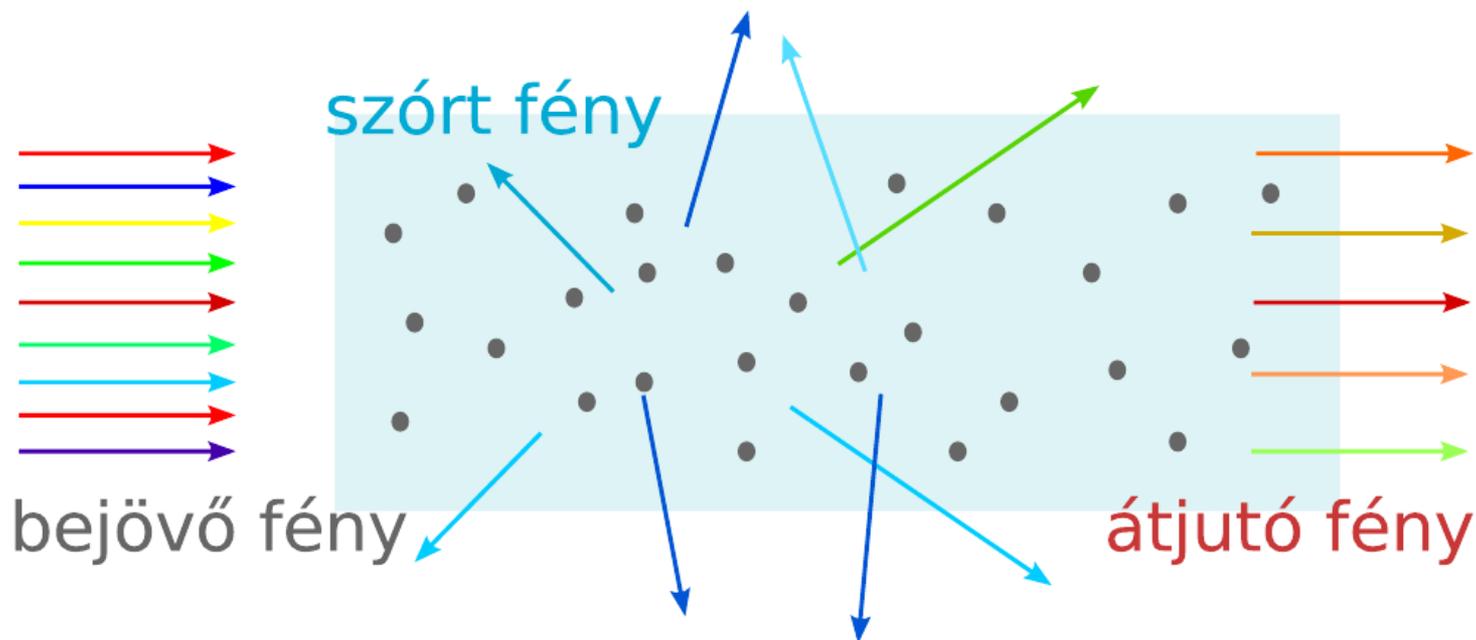
Hullámhossznál sokkal kisebb részecskék hatása:

- előre-hátra és oldalirányban is szóródik
- oldalirányban fele olyan az intenzitás, és polarizált a fény
- a szóródás hatékonysága $1/\lambda^4$ -nel arányos
(az ibolya 12–14-szer erősebben szóródik, mint a mélyvörös!)





A Rayleigh-szórás eredménye



Kiterjedt közegen áthatolva a fény:

- egy része oldalt szóródik,
- más része továbbmegy.

A kiszórtban több a kék, a továbbmenőben a vörös.



Rayleigh-szórás bemutatása

0,0001 mm-nél kisebb részecskék kellene.

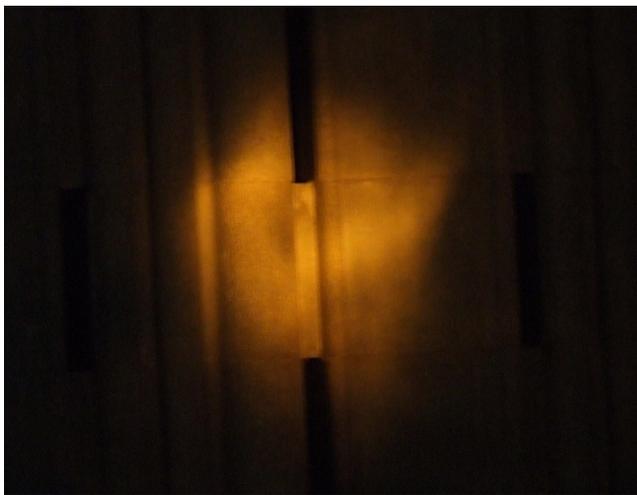
- igen finom füst (teremben nem egészséges)
- oldatban kondenzálódó, növekvő részecskék (képeken)
- speciális anyag igen kis „buborékokkal” (drága)
- **hétköznapi kolloidok** (nem teljesen tiszta, de mindenkinek elérhető)

Fokozatosan növekvő részecskék hatása

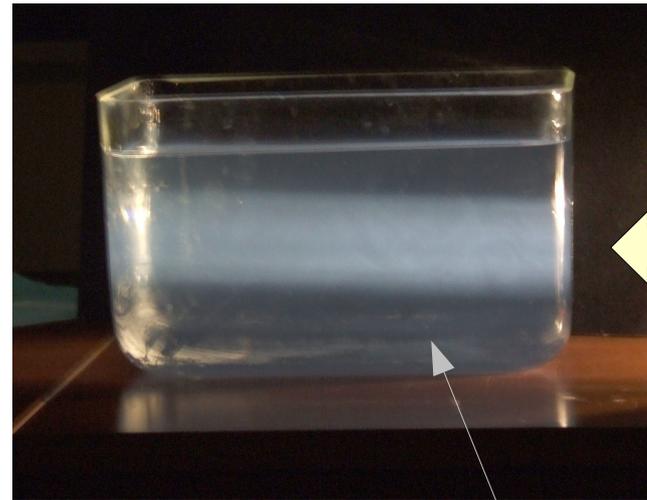
Kb. 1 perc



Kb. 2 perc

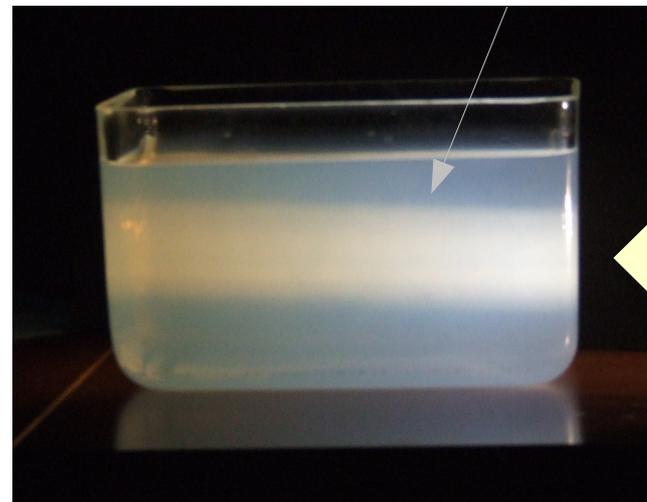


Elvörösödő átjutó fény



lámpa

Speciális oldat növekvő részecskékkel



lámpa

Kékes szórt fény



Hétköznapi kolloidok

Sok oldat tartalmaz λ -nál kisebb részecskéket is.

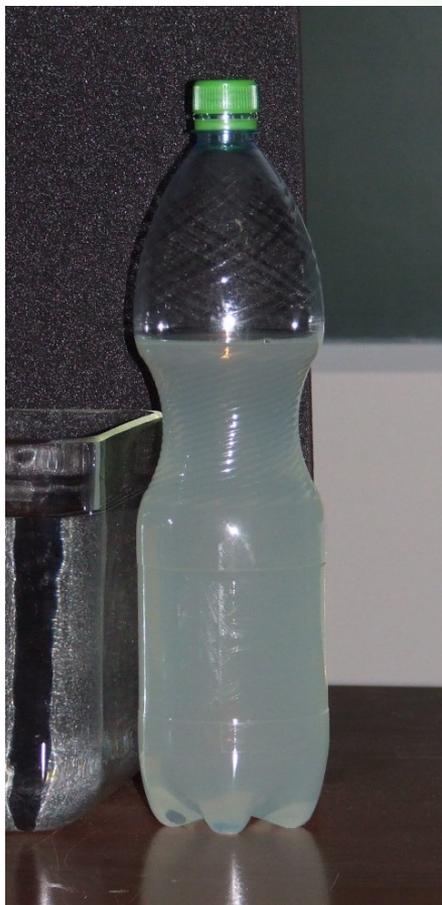
Sajnos, nagyobbakat is, így a Mie-szórás is jelentkezik. (Nem lesz tiszta kék a szórt fény.)

- szappanoldat
- tej (tejes víz)
- borotvahabos víz
- **higított citromlé**
- ...

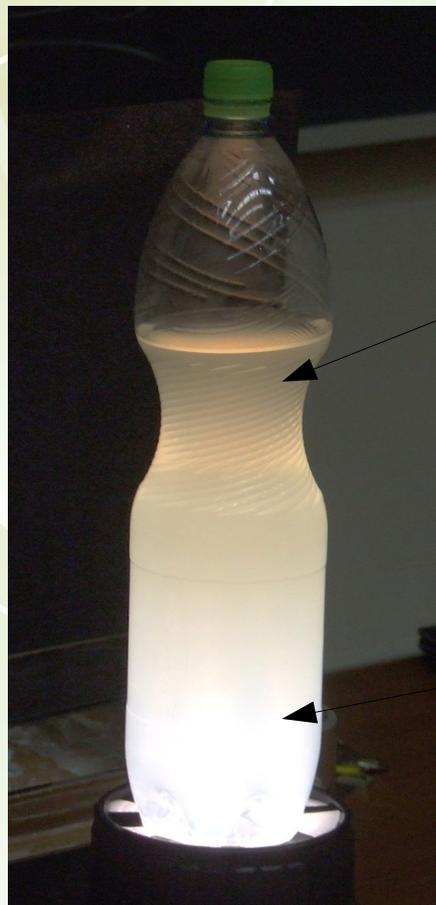
Sok irányból érkező fény esetén csak enyhe kékes árnyalat jelentkezik. Irányított megvilágítás, megfelelő sűrűség szükséges a megfigyeléshez.



Rayleigh-szórás citromlében



Szórt megvilágítás



A vörös „maradék”
szóródik

Kékes szórt fény



Kísérlet élőben

1. Fehér fény színekre bontása.
2. Citromlé palackban átvilágítva alulról.
3. Citromlé üvegcsőben több irányból átvilágítva:
 - 3a) kékes szórt fény megfigyelése,
 - 3b) átmenő fény vörösödése kétféle rétegvastagsággal.

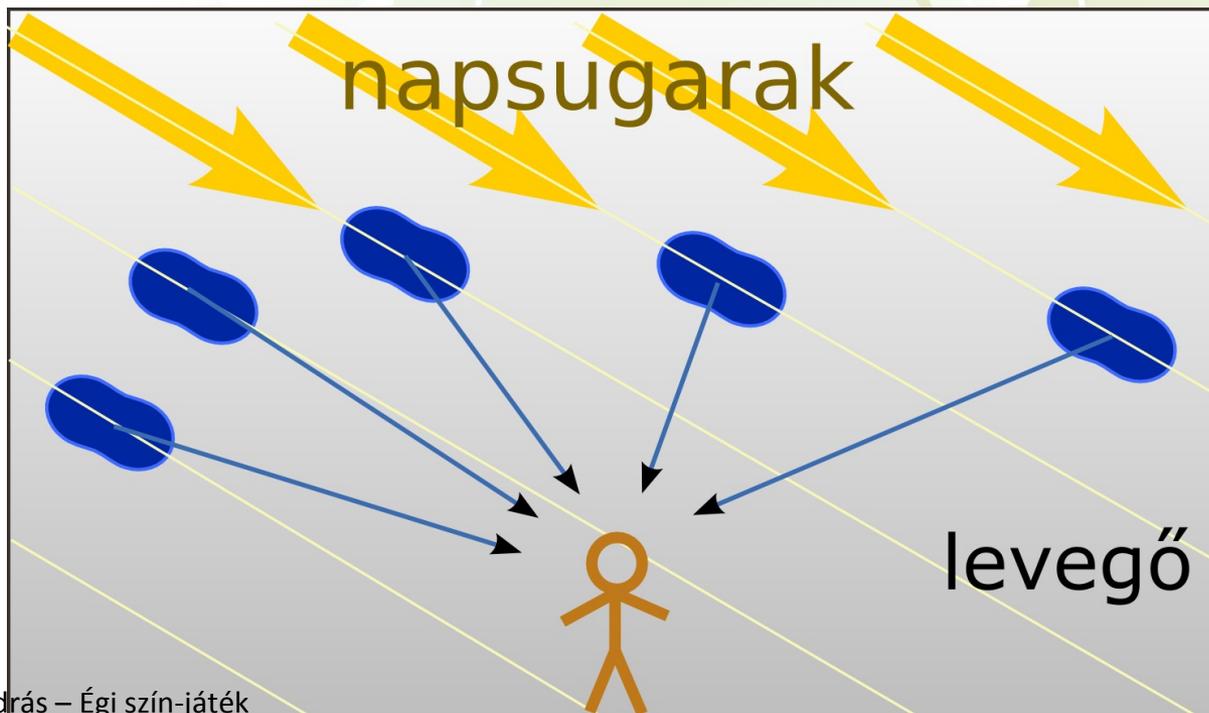


Miért kék az ég?

A Rayleigh-szórás miatt.

Min szóródik a fény a tiszta levegőben?

- a levegő molekuláin
- a véletlenszerű, mikroszkopikus sűrűség-ingadozásokon





Hogyan kék az ég?

Az előzőek szerint **az ég kékje nem egyenletes** fényességű.
A Nap irányára merőlegesen sötétebb az ég.

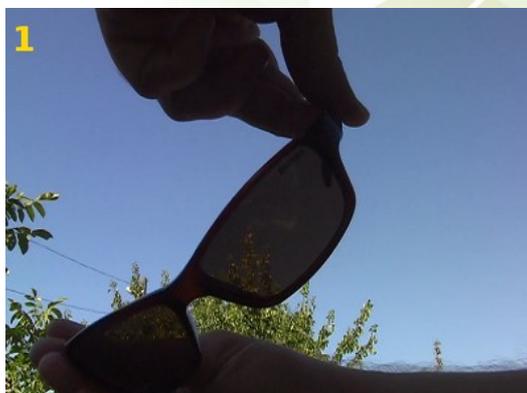


Forrás: <http://www.philohome.com/skycollec/skycollec.htm>



Az ég polarizációja

Sok, jó minőségű napszemüveg csak az egyik polarizációt engedi át.
(Az út csillogása részben polarizált: ezt tudja kiszűrni.)





Az ég kékjének „alkalmazása”

Polárszűrővel **kis kék égdarabok alapján is megtalálható a Nap iránya.**

- A természetben vannak „polárszűrő” kristályok.
- A vikingek ismertek ilyeneket, és legendáik említik ezek használatát a tengeri navigációban.

Modern vizsgálatok az utóbbi 60 évben:

- Még enyhén párás ég esetén is használható a módszer! Reális, hogy a vikingek használták.
- Az 1950-es években az USA haditengerészete precíz műszert is fejlesztett ki ez alapján.
- Ma is foglalkoznak ezzel, pl. 2008-as doktori disszertáció az ELTE-ről: *„Az égbolt polarizációja normál és szélsőséges körülmények között és annak emberi/állati tájékozódással kapcsolatos vonatkozásai”* (Hegedűs Ramón, Horváth Gábor)



Az ég kékjének „alkalmazása”

A Rayleigh-szórás sok területen szerephez jut.

Példa: **optikai adatátvitel.**

Hosszú **üvegszálakban** megy az adatforgalom nagy része (telefon, Internet gerinchálózat, ...)

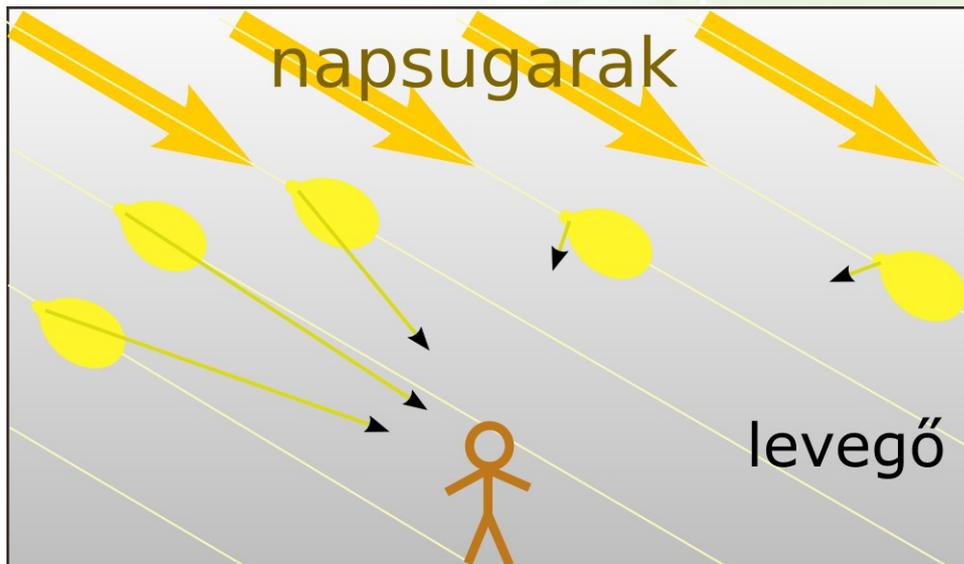
Az egyik legjelentősebb veszteség: a Rayleigh-szórás.

A szórt fény nemcsak veszteség: mérésével a kábel állapotára is lehet következtetni.



Sárgás folt a Nap körül

- Hullámhosszal összemérhető részecskék (por, pára) szórása: (Mie-szórás)
- alig függ a hullámhossztól,
 - az eredeti terjedési irány közelébe koncentrálódik.



Forrás: <http://asd-www.larc.nasa.gov>



A lenyugvó Nap (Hold) vörös színe

A lenyugvó (és felkelő) Nap **igen vastag légrétegen** süt át.

Vastag légréteg: erős Rayleigh-szórás, egyre **vörösebb maradék**.

Miért vörös az égbolt alja is ilyenkor? A már elvörösödött fény szóródik a nagyobb részecskéken. (Lásd a citromleves kísérletet.)

Ha sok a por magasan a légkörben, vörösebbek a naplementék.

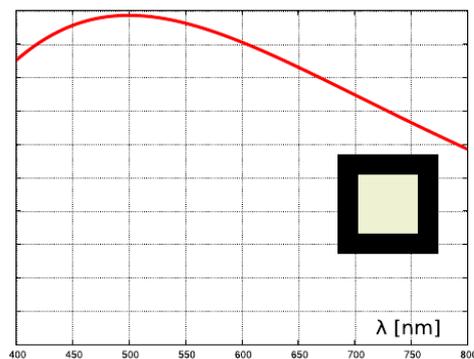




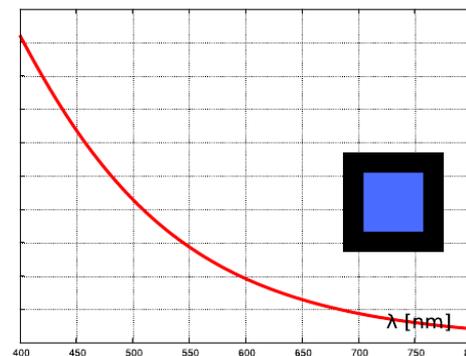
Számítások

Az itt tanult dolgok számításokkal jól követhetők.
(Mesterszakokon tanítjuk is ezt Egyetemünkön.)

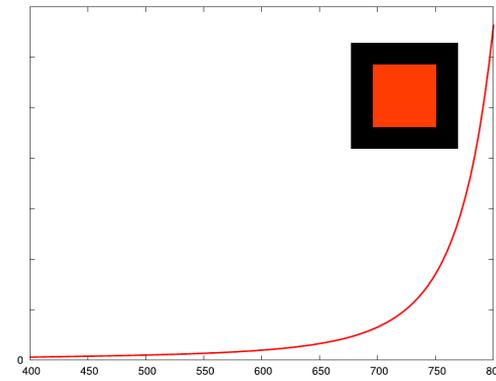
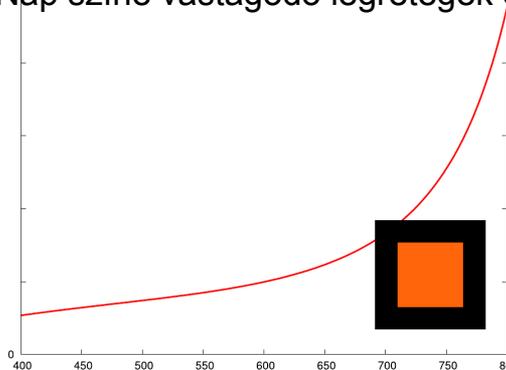
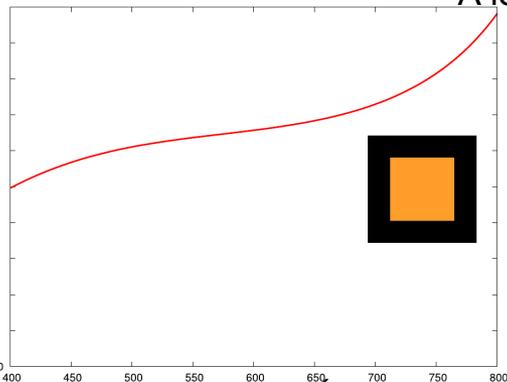
Nap színe



égbolt színe



A lenyugvó Nap színe vastagodó légrétegek esetén



Néhány szép kép

Forrás:

**Ladányi Tamás,
asztrofotós.**

<http://ladanyi.csillagaszat.hu/>

Figyeljük meg az eddig
elmondottakat!



Tihanyi naplemente



(c) Ladányi Tamás

Holdkelte fázisai



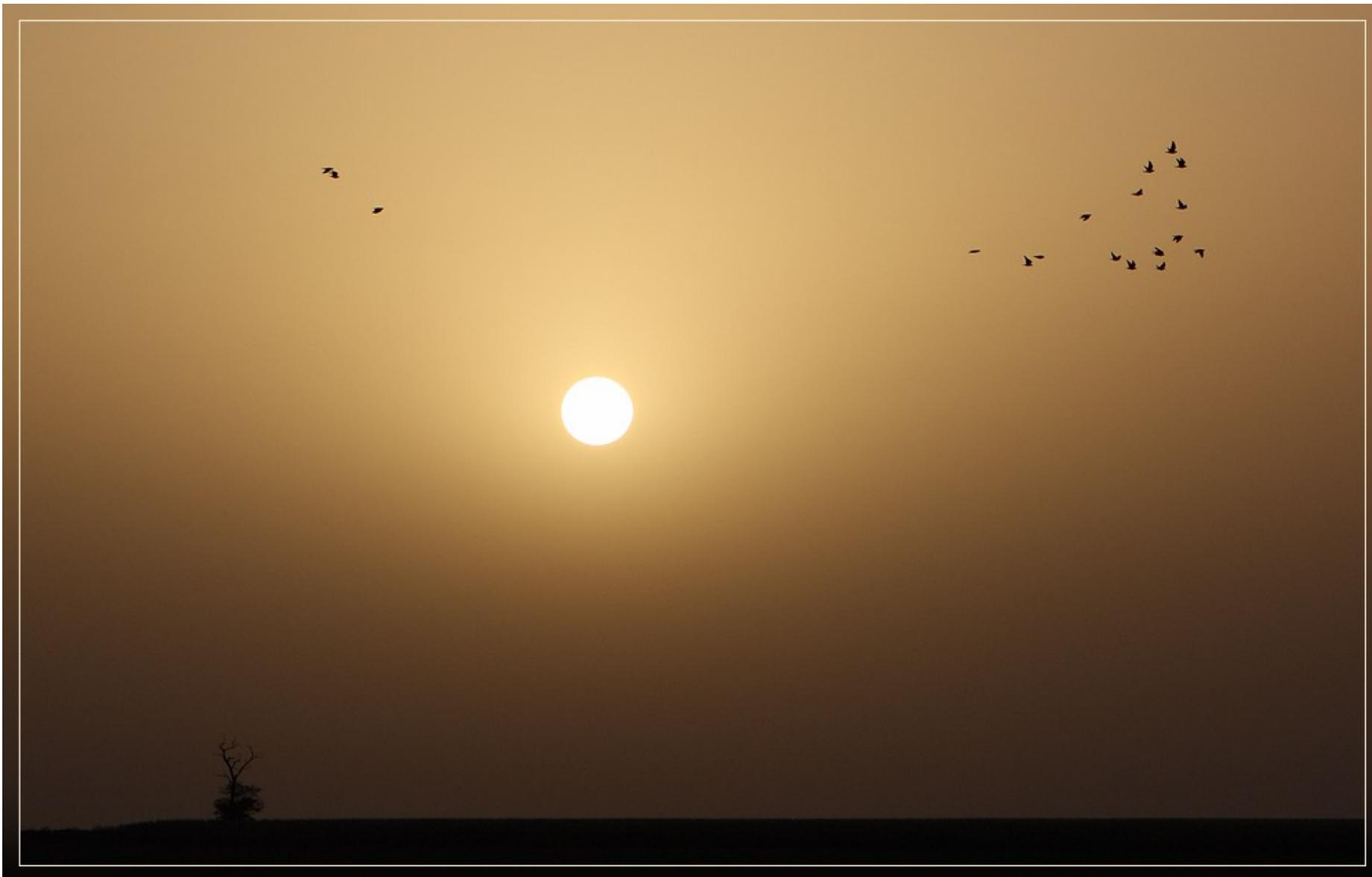
Ladányi Tamás

Napnyugta után (+Hold és Vénusz)



Ladányi Tamás

Sárgás napnyugta sivatagi por miatt





A krepuszkuláris sugarak

Az árnyékos területekről
nem indul ki szórt fény:

Felhők, hegyek árnyéka
látszik az égen, a Nap
irányából jövő „sugarak”
formájában.

Nagyon ritkán még a
kondenzcsík esetén is
látszik ez.



Horizont mögötti hegyek hatása





A szivárvány és rokonai

Mindenki tudja:

A Nap fénye színeire bomlik az esőcseppeken, ez hozza létre a szivárványt.

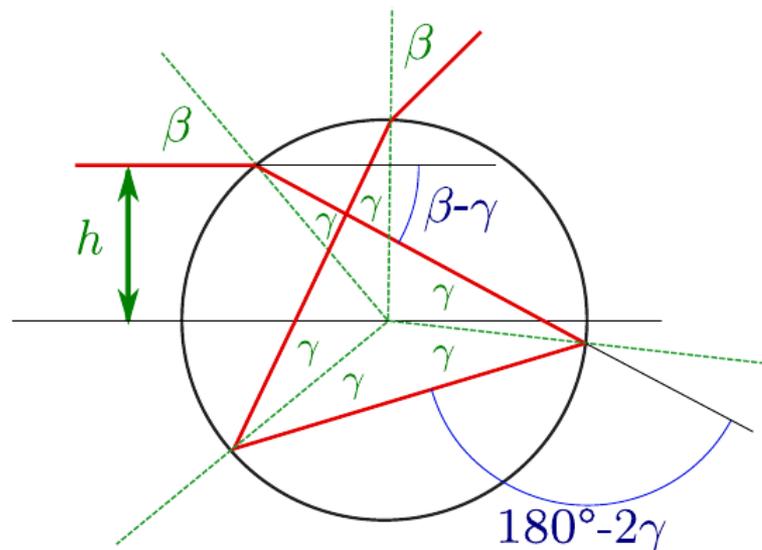
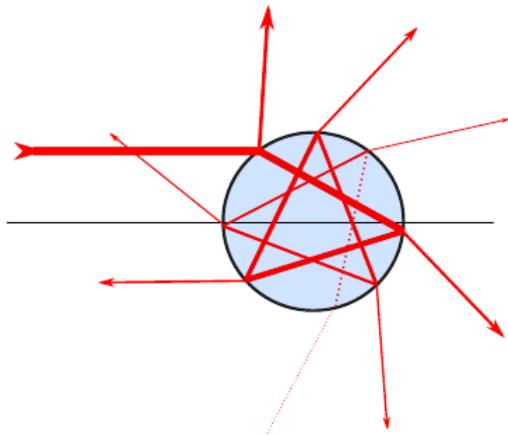
De hogyan történik ez pontosan?
Mikor láthatunk szivárványt?
Mire lehet ezt a tudást felhasználni?

...





A vízcsepp optikája



A beeső fény egy része visszaverődik, más része behatol, a behatoló rész egy része bent verődik tovább, más része kijut, ...

A fény sok-sok részre bomlik, több irányban távozik.

Ez az optika alapján követhető.

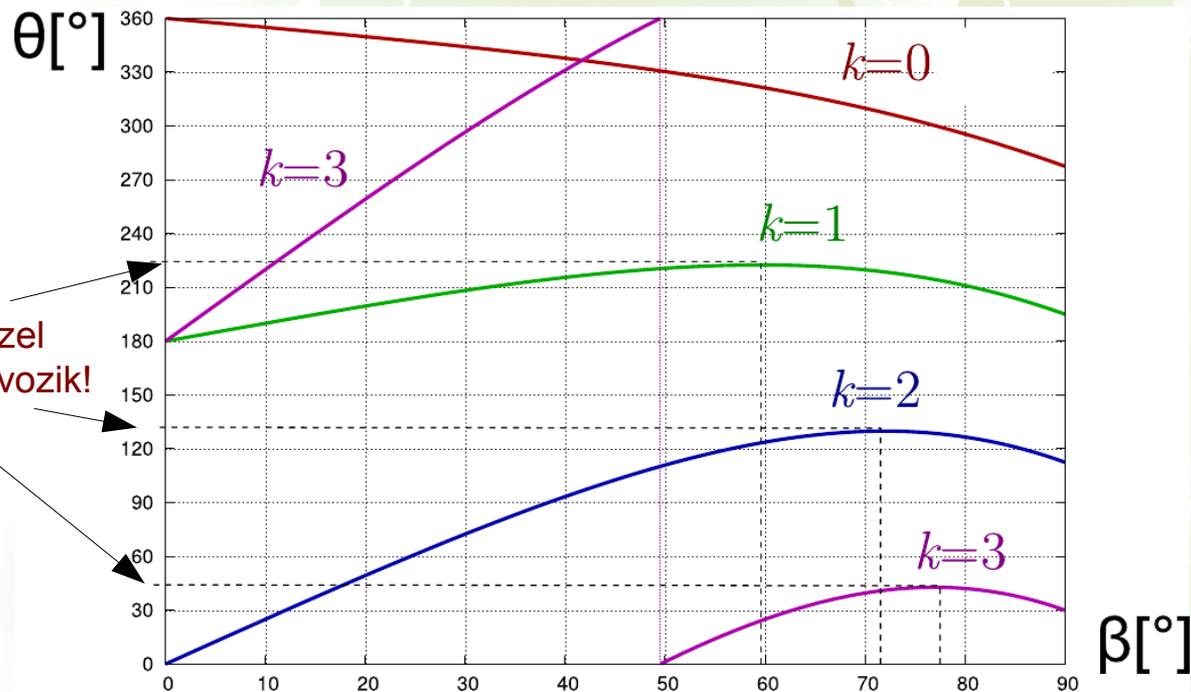
(Mesterszintű tárgyban követjük is Egyetemünkön.)



A vízcseppet elhagyó fény iránya

$$\theta_k(\beta) = 2(\gamma - \beta) + k \cdot (2\gamma - 180^\circ) = 2 \left((k + 1) \arcsin \frac{\sin \beta}{n} - \beta \right) - k \cdot 180^\circ$$

k db belső visszaverődés esetén ilyen irányba megy a fény tovább.





A szivárvány magyarázata

Az előző oldali kitüntetett irányokba sok fény szóródik.

$$\cos \beta_{k,max} = \sqrt{\frac{n^2 - 1}{k(k+2)}}$$

k	$\beta_{k,max}$	$\theta_{k,max}$
1	59,6°	222,5°
2	71,9°	129,9°
3	76,9°	42,8°

A törésmutató kicsit színtfüggő, ezért az erősítési irány kicsit változik a szín függvényében.

De hogyan lesz ebből szivárvány?

Pl. $k=1$ esetén $222,5 = 180 + 42,5$ fok irányába, egy kúp mentén sok fény jut. Akik rajta vannak e kúpon, erős szórt fényt látnak.



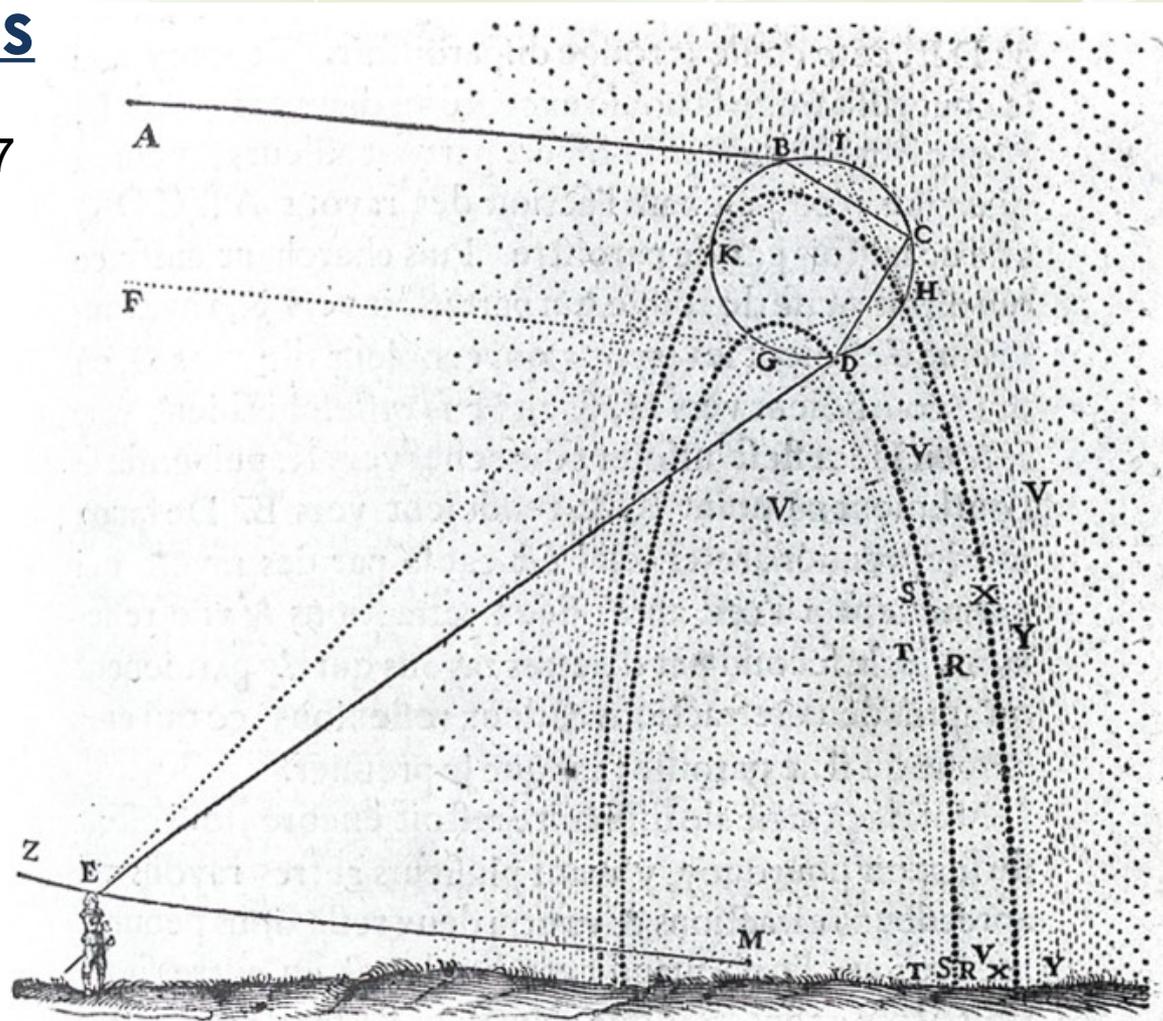
Szemléltetés

René Descartes, 1637

Helyes magyarázat.

Az ember „E” fejének „M” árnyéka körül kell 42,5 fokos sugarú ívet rajzolni.

(Valójában kicsit mélyebb rétegek is szerepet játszanak.)





Kísérletek szivárvánnyal

Fényszórás vízgömb helyett hengeren:

- 1a) vizespalack lézerrel megvilágítva: a kitüntetett irány kimutatása
- 1b) lapos lézernyalábbal ugyanez
- 1c) elemlámpa és vetítőgép: színekre bomlás

Szögletes tárgyak fényszórása: (csak rokona a szivárványnak!)

- 2) Erősítési irányok, színezés.

Otthon elvégezhető:

- + vízpermet hatása (fejünk árnyéka körül nyújtott kézzel mérve 2 arasznyival)

Fényes szivárvány a teremben:

Kicsit máshogy, mint a természetben.

Szivárvány vízpermeten





Klasszikus szivárvány



Forrás: Wikipedia



Klasszikus szivárvány



Forrás: Wikipedia

A szivárvány belseje



Sötét terület

Világos terület

Kettős szivárvány



Forrás: Ladányi Tamás

$k = 2$ esete is látszik

Hogyan indul a szivárvány?

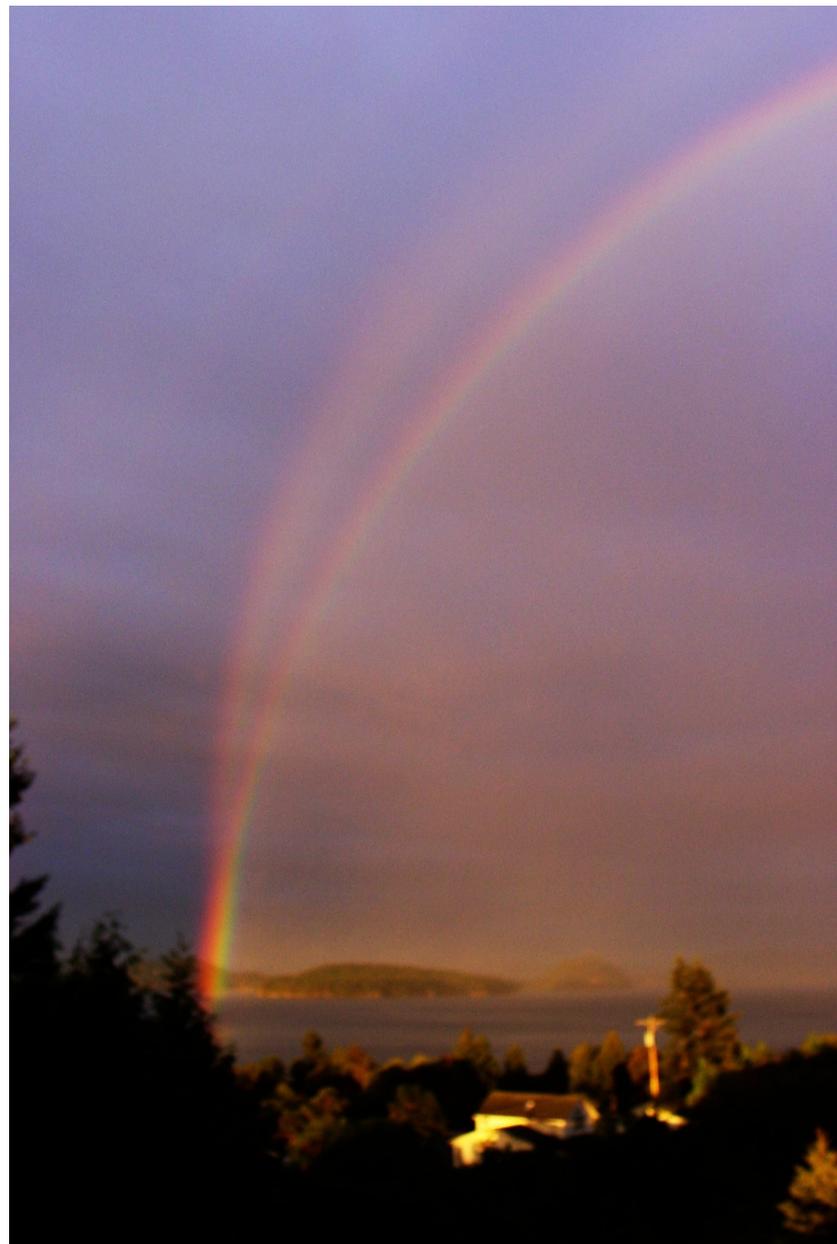


Forrás: Ladányi Tamás

Dupla szivárvány

Magyarázat:

A felkelő Nap és a tó felszínén való
visszatükröződése is egy-egy
szivárványt okoz.



Forrás: Wikipedia

Ködszivárvány



Forrás: Wikipedia

Magyarázat: a köd kicsi páracseppjein a fényelhajlás miatt a színek összemosódnak. (+ még középen is látszik egy többedrendű szórási kép.)



Mire jó a szivárvány?

- Esztétikai érték.
- Megmagyarázása remek agytorna.
- Ha értjük, nem gondolunk számárságokra pl. a ködszivárvány kapcsán.

Gyakorlatiasabb felhasználás:

- törésmutató-mérés
- kis üveggolyók festékbe keverve: fényvisszaverés (pl. közlekedési táblákon)

Tanulságos történet:

- Érdekes jelenség: mi lehet az oka?
- Magyarázat (Descartes): az optika fejlődésében fontos.
- Részletes megértés: különleges esetek tárgyalása.
- Felhasználás: innovatív megoldások, termék megjelenése.

Alaptudomány – alkalmazott tudomány – innováció: elválaszthatatlan hármas.



Fényvisszaverő festék

Cél: a fényforrás irányába verjen vissza.

Kis golyócskák:

- egy részt mindenképp visszavernek
- $n=2$ esetén a $k=1$ -es szivárvány 0 fokos lenne: még erősebb visszaverés
- hatásfok növelése: a golyócskák felét tükröző réteggel vonják be
- színfüggés miatt szivárványszerű jelenség



Távoli lámpa, közeli fényképezőgép esetén látszik.



Halójelenségek

A felső légkörben **szabályos jégkristályok** is kialakulnak.
(Sokszor hatszögletűek.)

Nyugodt körülmények közt ezek **rendeződnek**, pl. igen lassan, „lapjával” esnek.

A rendezett jégkristályok néha **különleges geometriájú, néha színes jelenségeket** okoznak.

Tipikus megfigyelési időszak: frontmentes idő, a magasban vékony fátyolfelhő látszik. Érdeemes figyelni, mert nem is olyan ritka a jelenség!

Gyűjtőnév: **halójelenségek**.

Idő hiányában csak néhány szép képet mutatunk.

A „22 fokos ív”

Hatszögletű
jégkristályok hatása.

Igen gyakori jelenség.



A „22 fokos ív”

Hold esetén is gyakran látható.



Melléknap és mellékhold

Alacsony nap- vagy holdállás mellett a 22 fokos ív vízszintes átmérője erősen látszik.



Összetett halók

Nagyon ritkán **igen bonyolult struktúrák** látszanak.

Ezekből a felsőlégköri jégkristályok állapotára lehet következtetni.

Magyarországról az ilyen jelenség nagyon ritka.



Forrás: Wikipedia



A „zöld villanás”

A szivárvány zöld részét leszámítva a zöld ritka az égen.

Zöld villanás:

- igen ritka jelenség
- nagyon tiszta légkör esetén a felkelő vagy lenyugvó Nap felett jelentkezik
- beszámolók szerint igen különleges árnyalatú.

Magyarázat:

Igen alacsony napállás mellett:

- a kék komponens a Rayleigh-szórás miatt nem jut el hozzánk
- a vörös komponens más szögben (alacsonyabban) látszik
- különleges árnyalat: a hirtelen színváltás következménye

Egy „átlagos” zöld villanás



Forrás: Wikipedia

Egy rendkívül erős zöld villanás



Forrás: Wikipedia



Tanulságok

Csodálatos világban élünk!

- Aki nyitott szemmel jár, sok érdekeset láthat.
- Érdekesek az elméleti magyarázatok is.
- Házi kísérletekkel sok minden megvizsgálható.
- Az öncélúnak tűnő vizsgálatok is hozhatnak gyakorlati hasznot.



Köszönöm megtisztelő figyelmüket!

Találkozunk következő előadásunkon

2010. december 8., 15:00

Vári Péter:

A láthatatlan üzenet
Rádiótávközlés a mindennapok szolgálatában

TÁMOP-4.2.3-08/1-2008-0011

jUNIor egyetem



TUDOMÁNY GYŐRBE MINDENKINEK

KÖSZÖNJÜK MEGTISZTELŐ FIGYELMÜKET!

A rendezvény a „SZ'ENCE4YOU – Tudás- és tudomány disszemináció a Széchenyi István Egyetemen” című projekt keretében valósult meg.

A program szervezői, támogatói:



SZÉCHENYI
ISTVÁN
EGYETEM
TUDÁSMENEDZSMENT KÖZPONT



UNIVERSITAS-GYŐR
NONPROFIT Kft.

Befektetés a jövőbe

Új Magyarország
FEJLESZTÉSI TERV