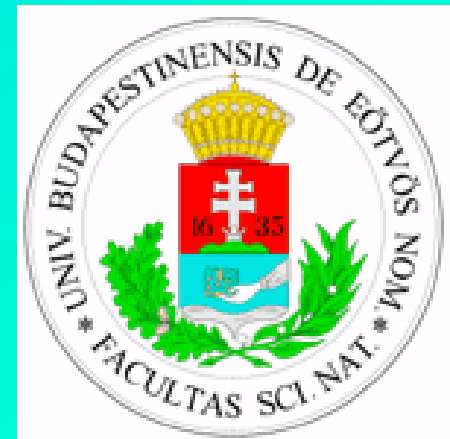


A szivárvány fizikája

Cserti József

ELTE, TTK

Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék



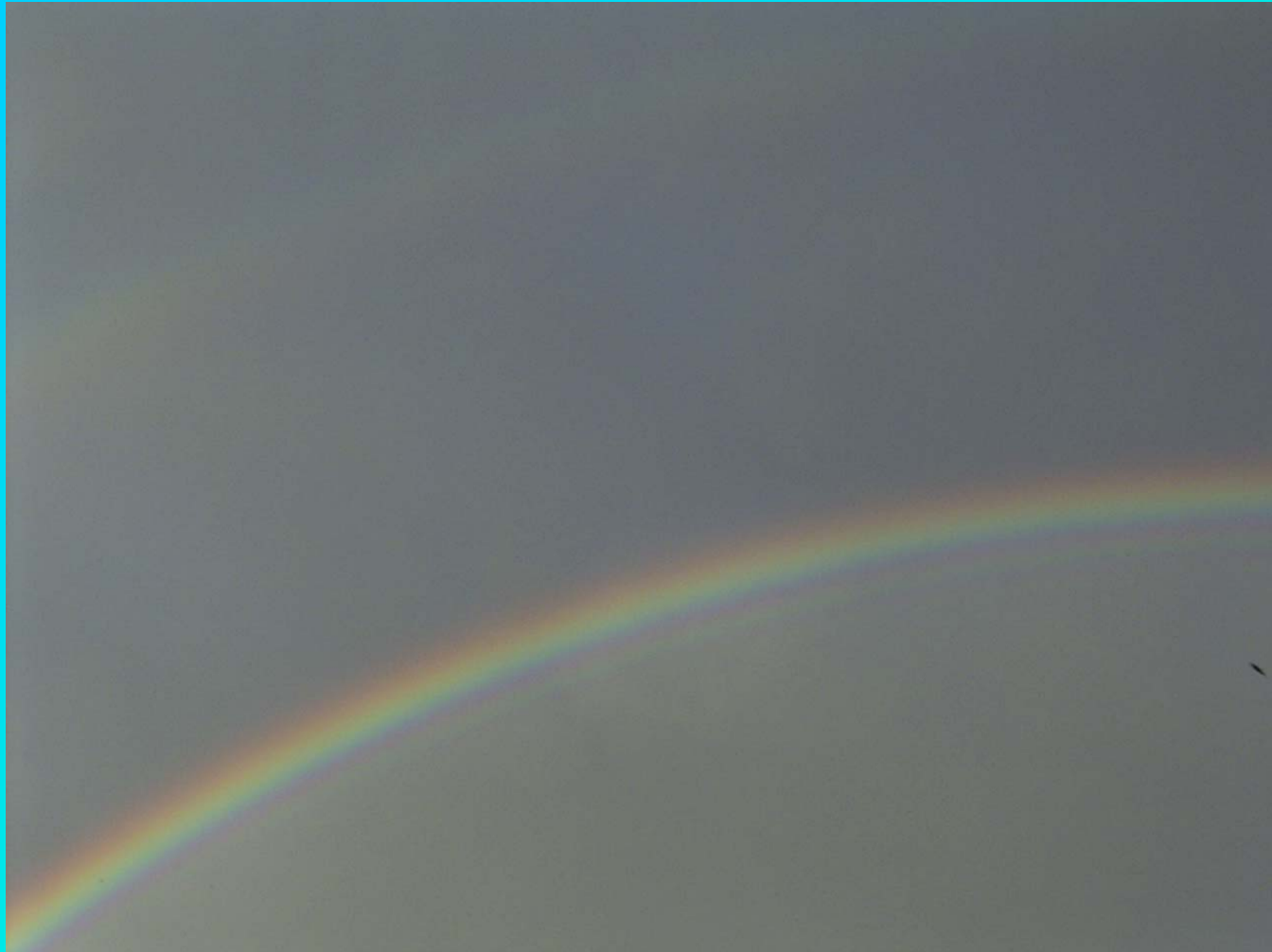
Az atomoktól a csillagokig: Budapest, 2006. október 26.

Fő- és mellékszivárvány



Horváth Ákos felvételei

Járulékos ívek



Horváth Ákos felvétele





Járulékos ívek





Gáspárdy Géza felvétele

Arisztotelész (Kr. e 384-322) – Felhőkön való visszaverődés

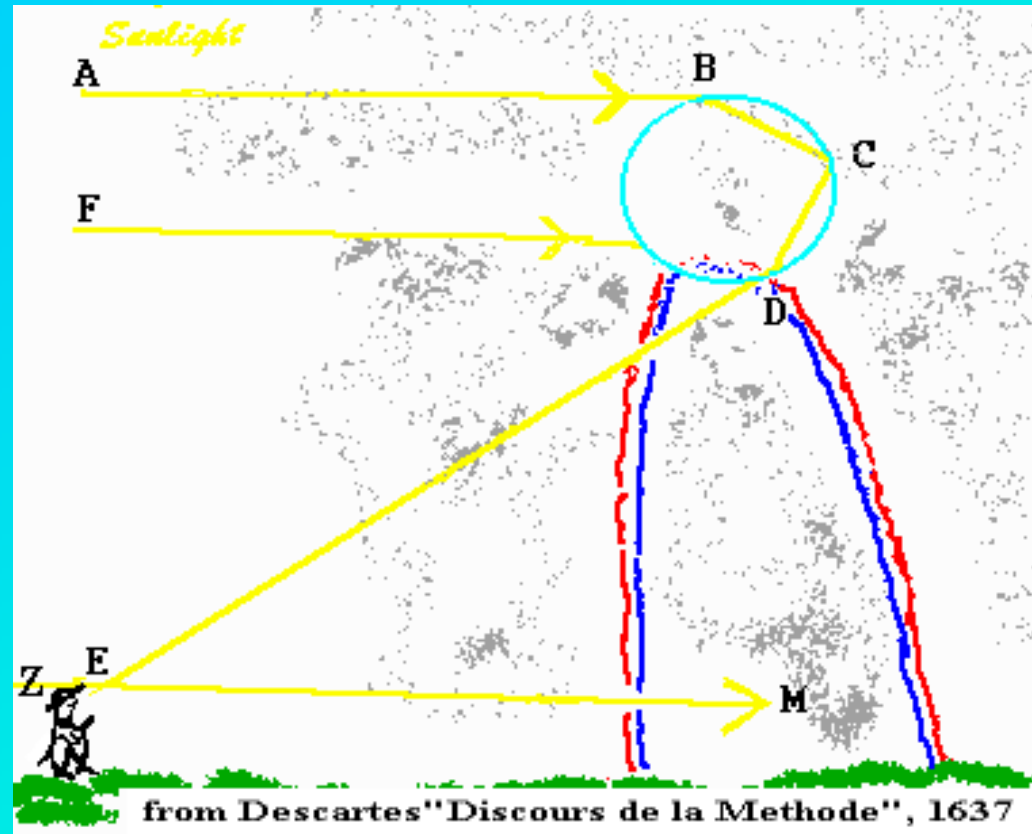
Aphrodisias Alexander: Kr. 200 – Sötét sáv

Roger Bacon: 1266 – Az első szögmérés

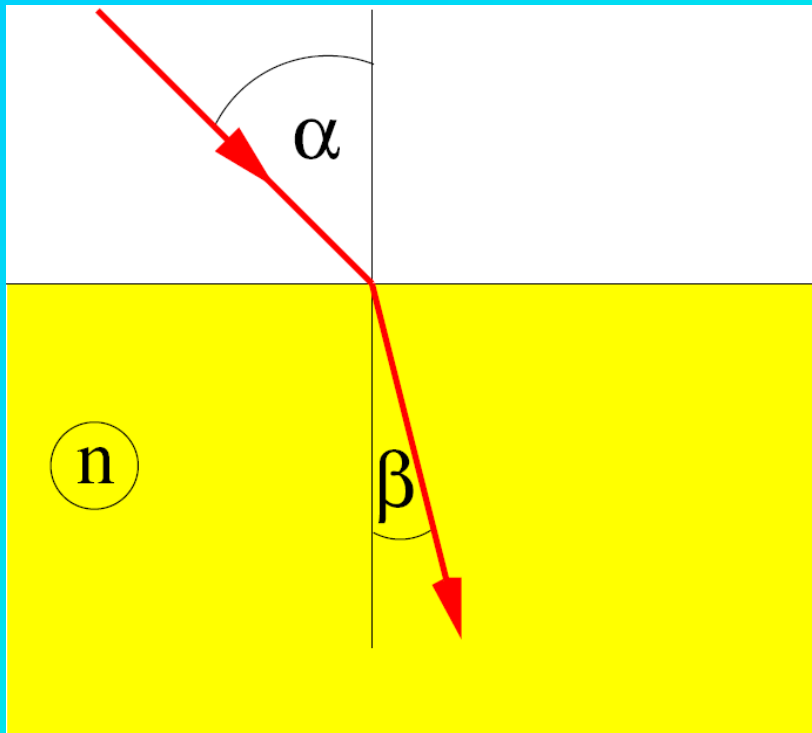
Theodoric Freiberg: ~ 1500 – Első kísérleti magyarázat üvegpalackkal

Rene Descartes: 1637 – Geometriai optika

Rene Descartes: geometriai optika (1637)

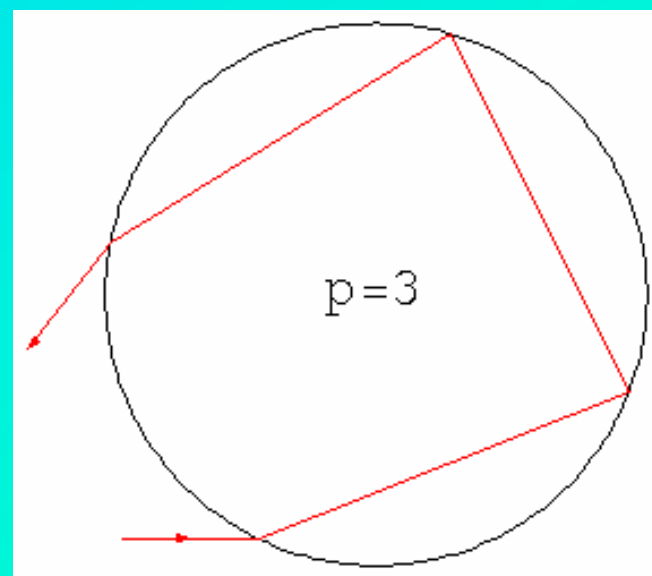
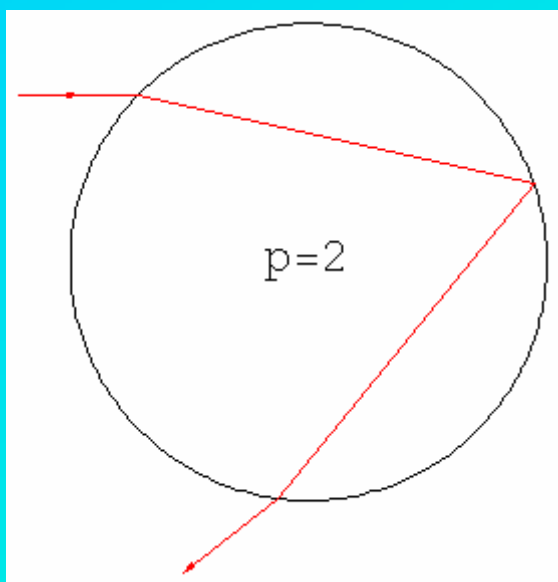
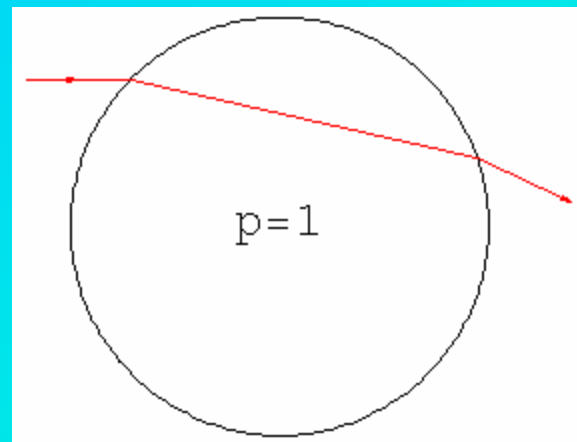
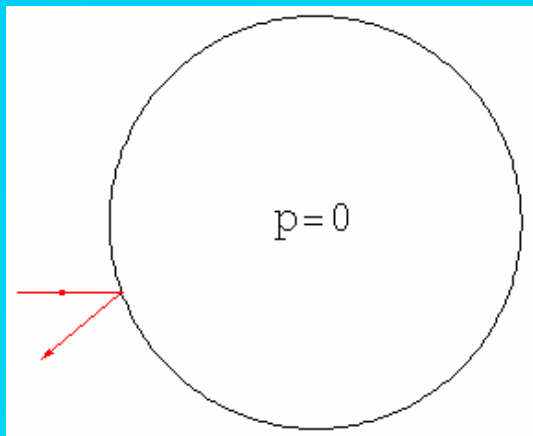


Snellius-Descartes-törésvény



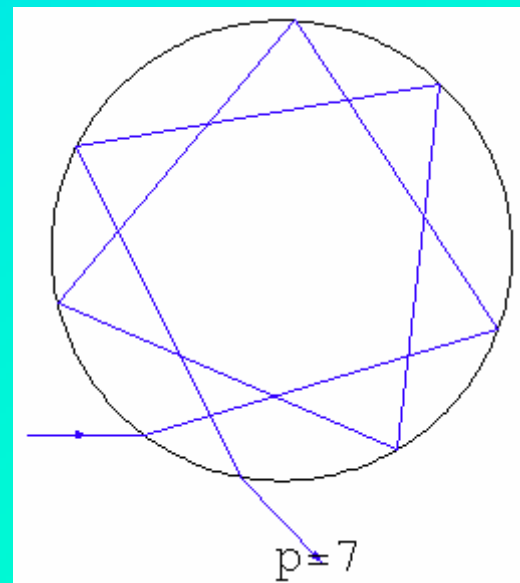
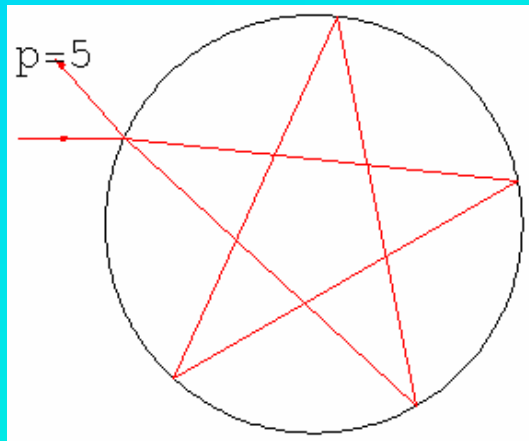
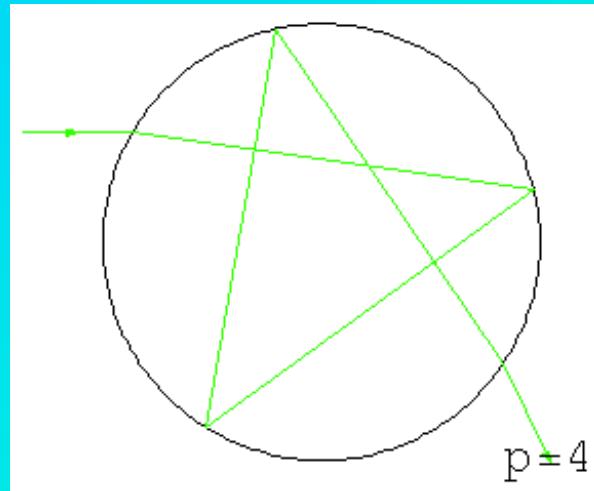
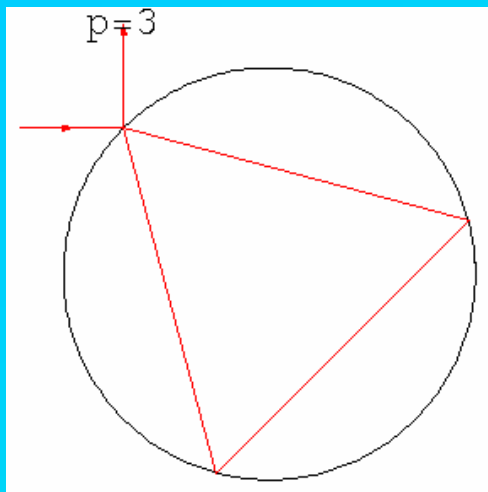
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$$

Húrok száma = p

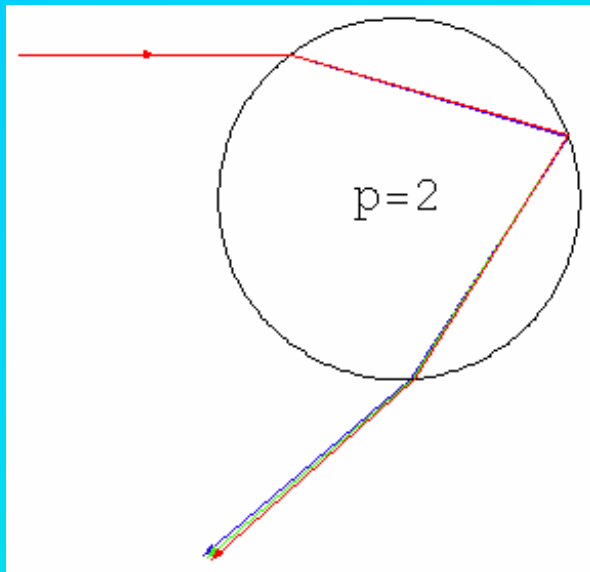


főszivárvány: $p = 2$

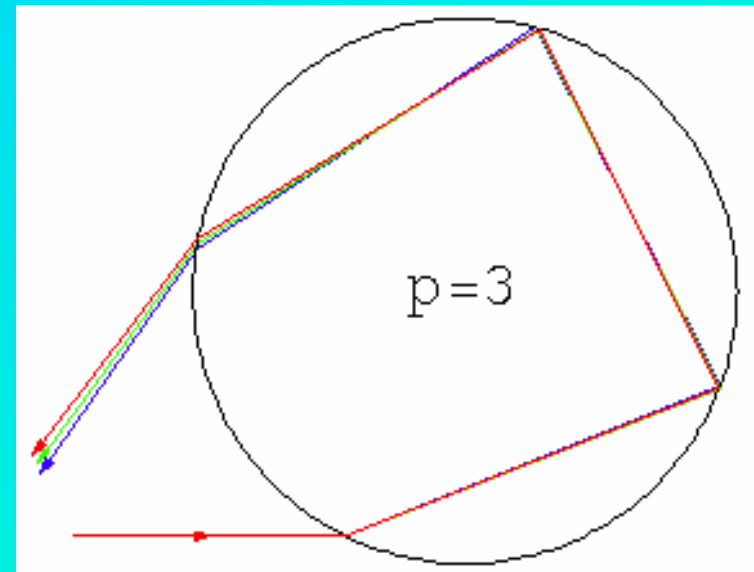
mellékszivárvány: $p = 3$



A fehér fény felbomlik színekre



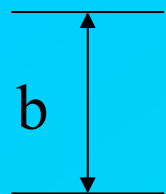
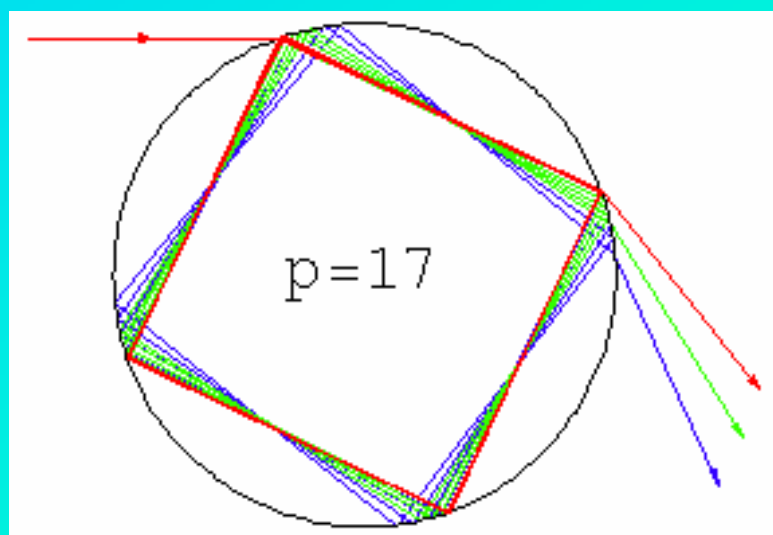
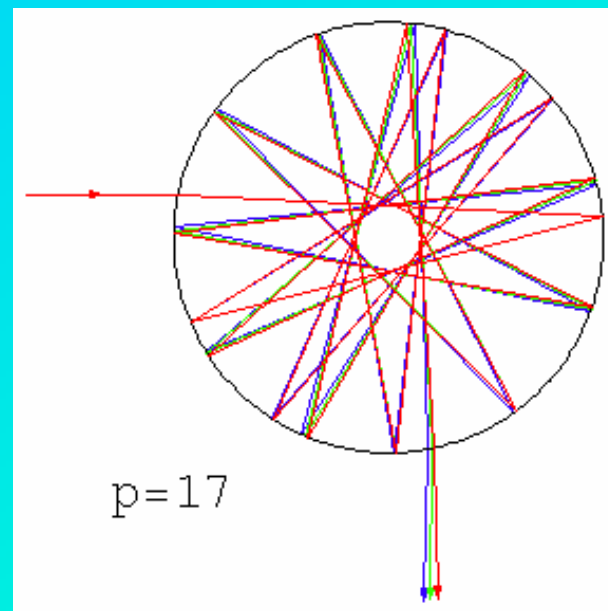
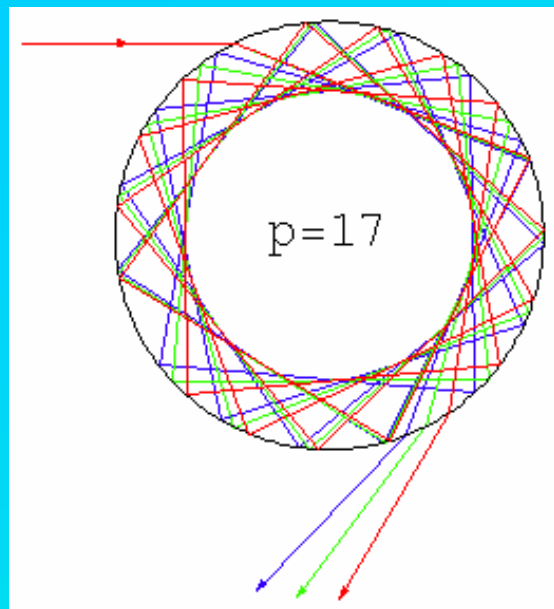
főszivárvány: $p = 2$

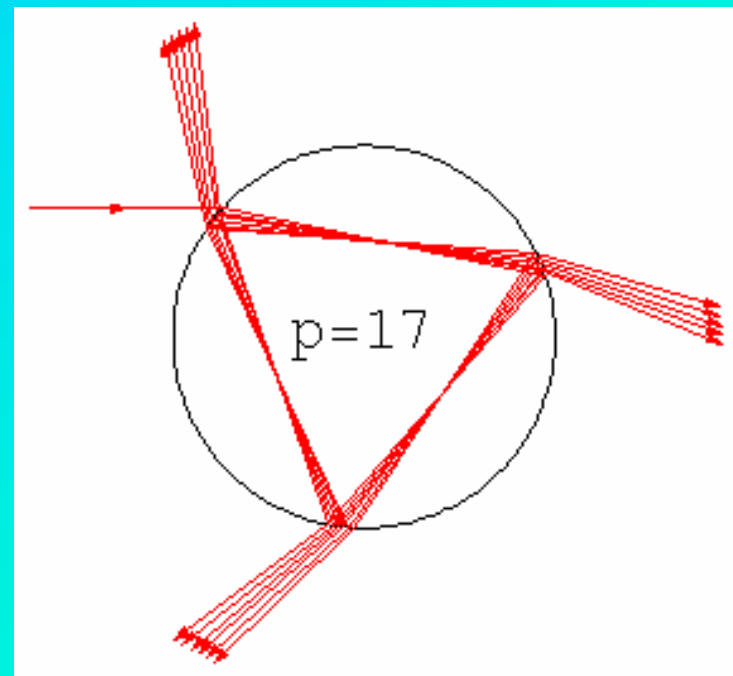
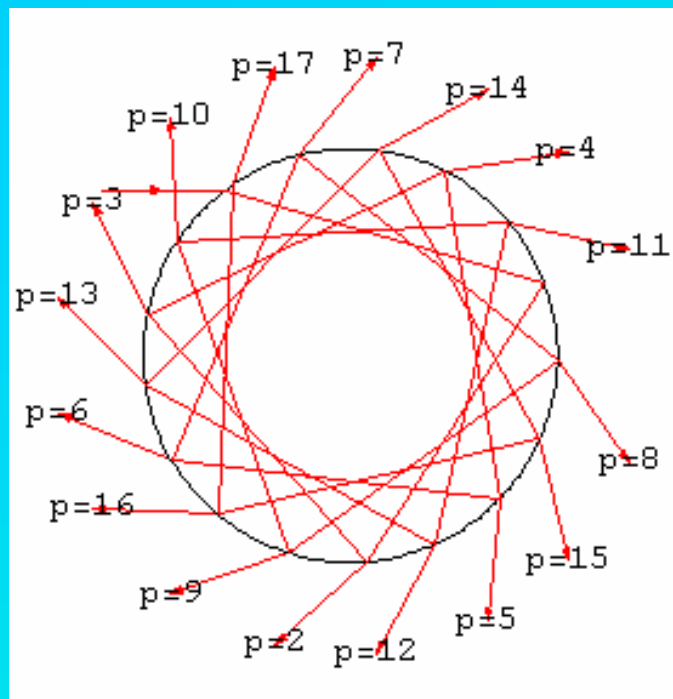


mellékszivárvány: $p = 3$

Az impakt paraméter szerepe

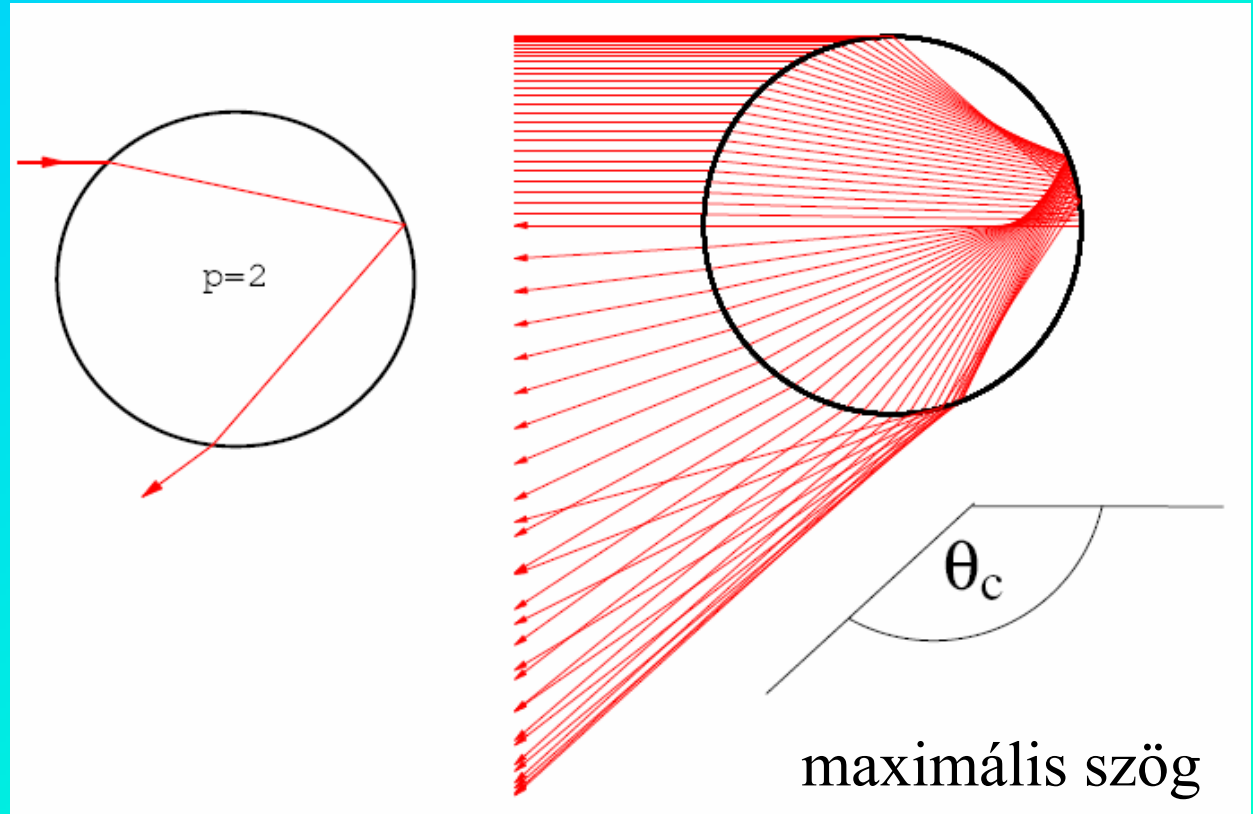
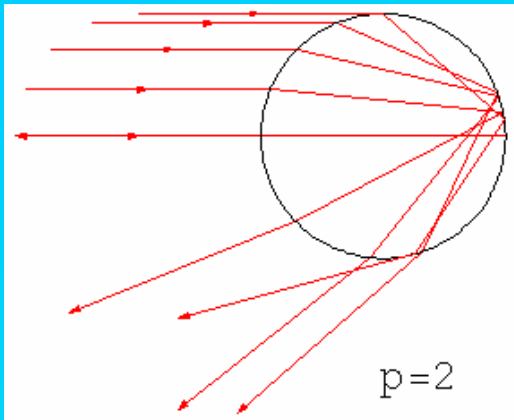
b

A vertical double-headed arrow with horizontal lines at its ends, labeled with the letter 'b' in the center, representing the impact parameter.

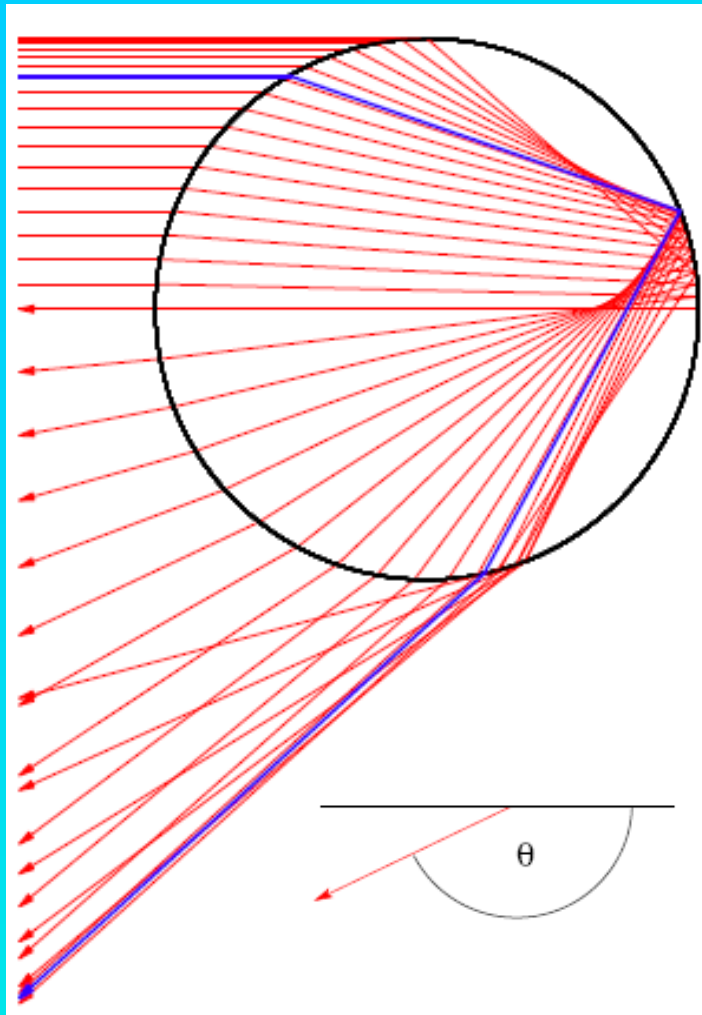


Párhuzamosan bejövő fénysugarak menete

Főszivárvány

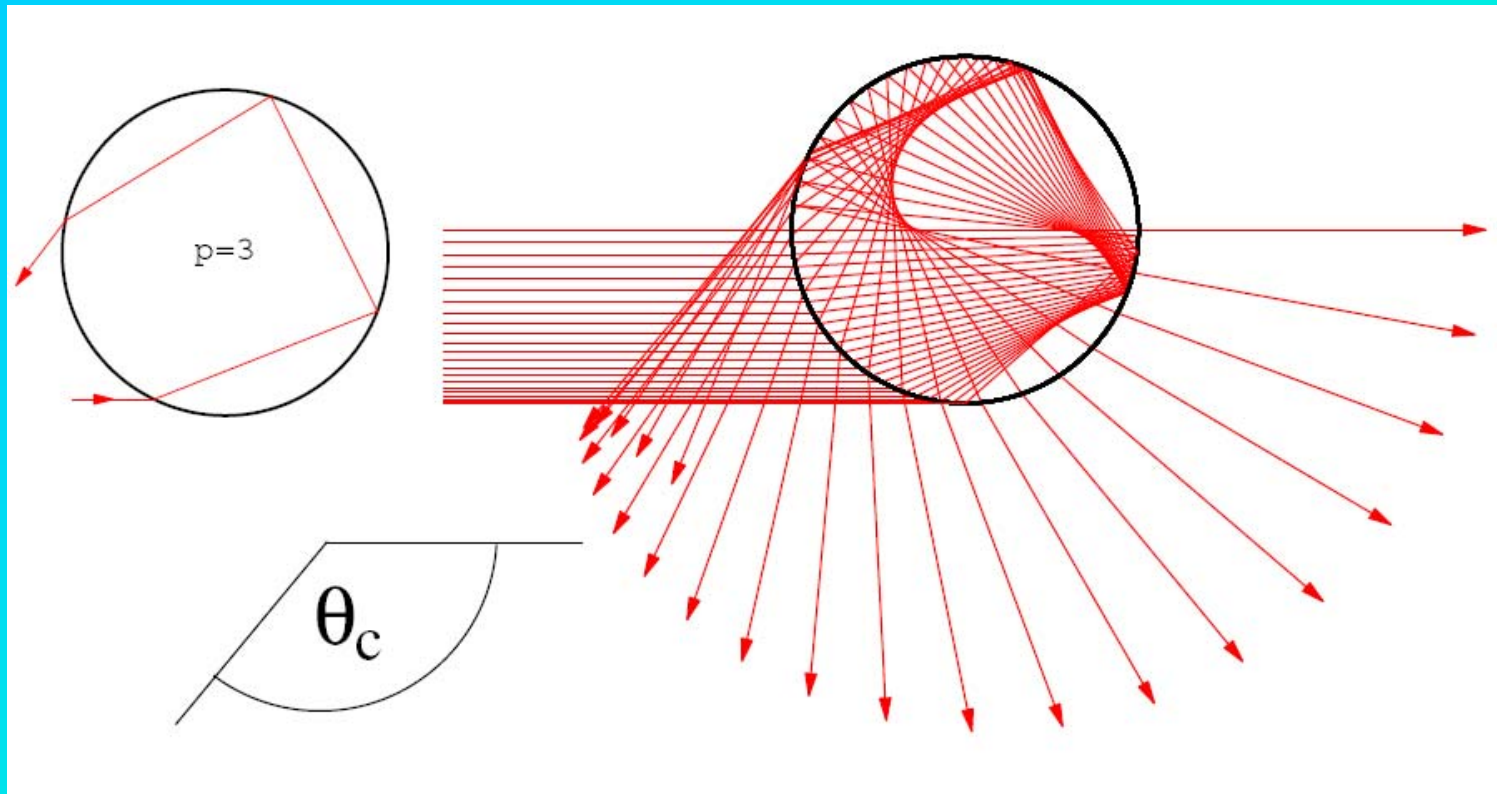


Cartesius-sugármenet

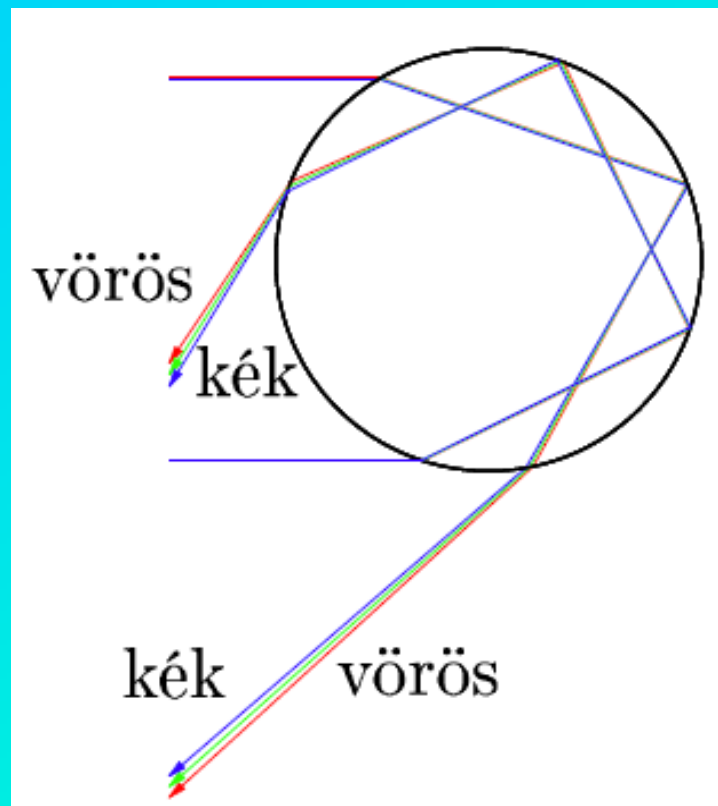


színek	n	$\pi - \theta_c$	
		p=2	p=3
vörös	1,330	42,5°	50,1°
zöld	1,335	41,8°	51,4°
kék	1,340	41,1°	52,7°

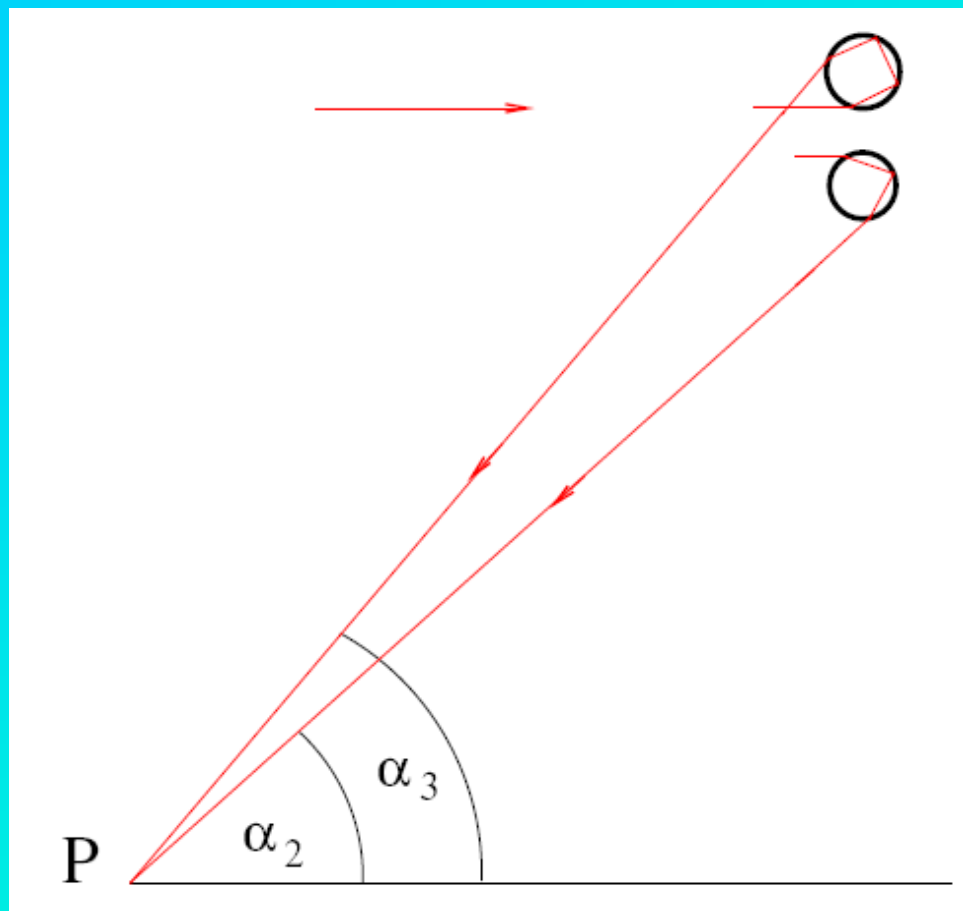
Mellékszivárvány, $p=3$



Cartesius sugarak különböző színekre fő- és mellékszivárvány esetén

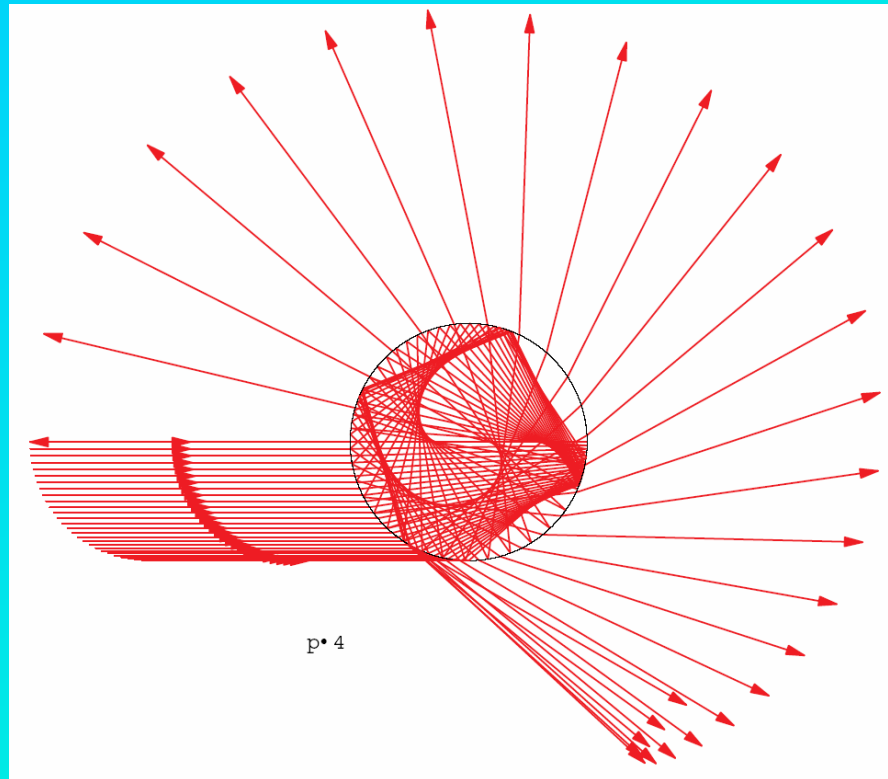


A szivárvány íveinek kialakulása

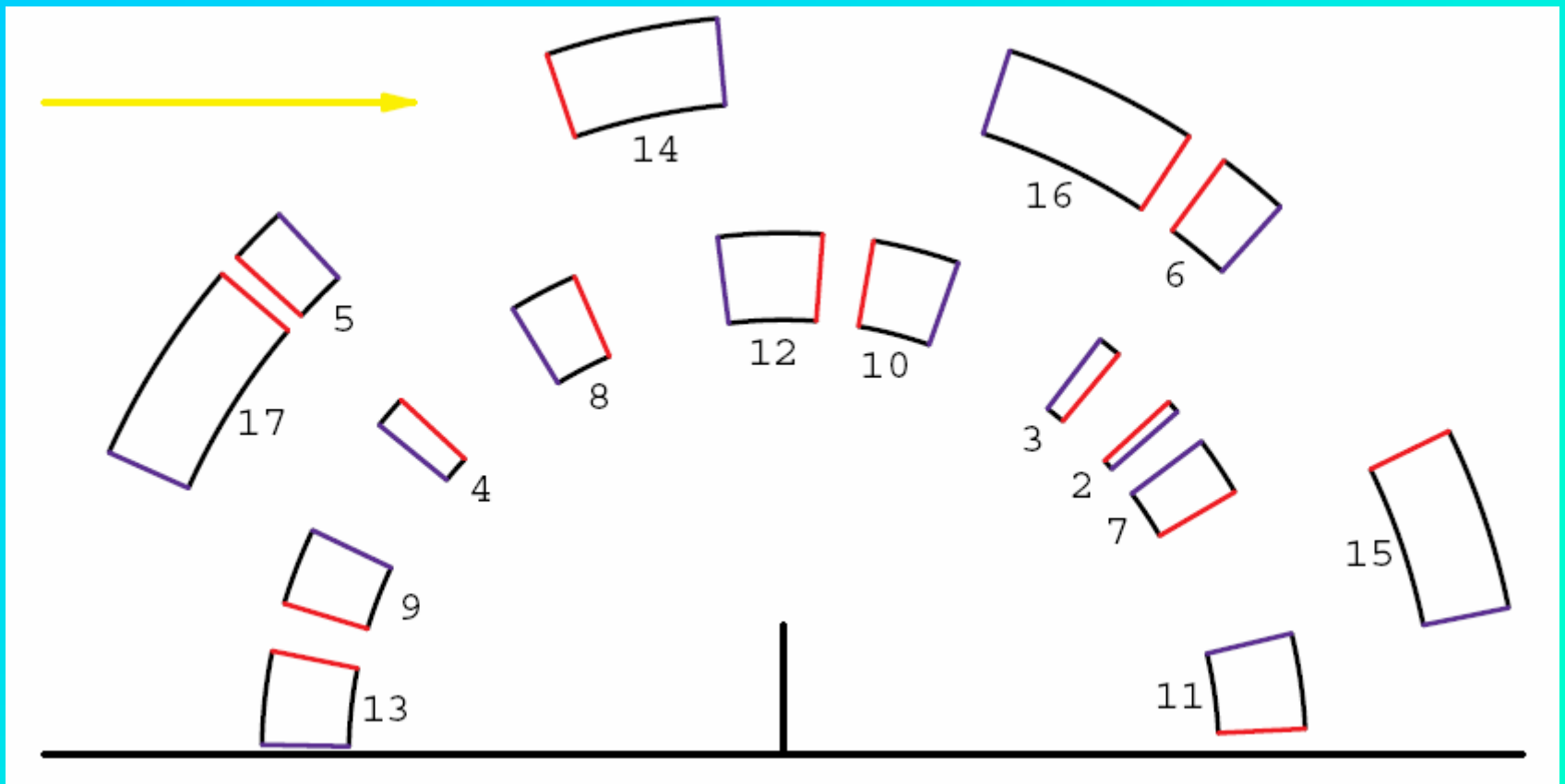


Magasabb rendű szivárványok

$p=4$



Magasabb rendű szivárványok elhelyezkedése



Túl a geometriai optikán

A fény hullámtermészetének szerepe a szivárványban

David Brewster (1815)

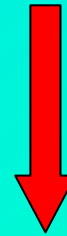
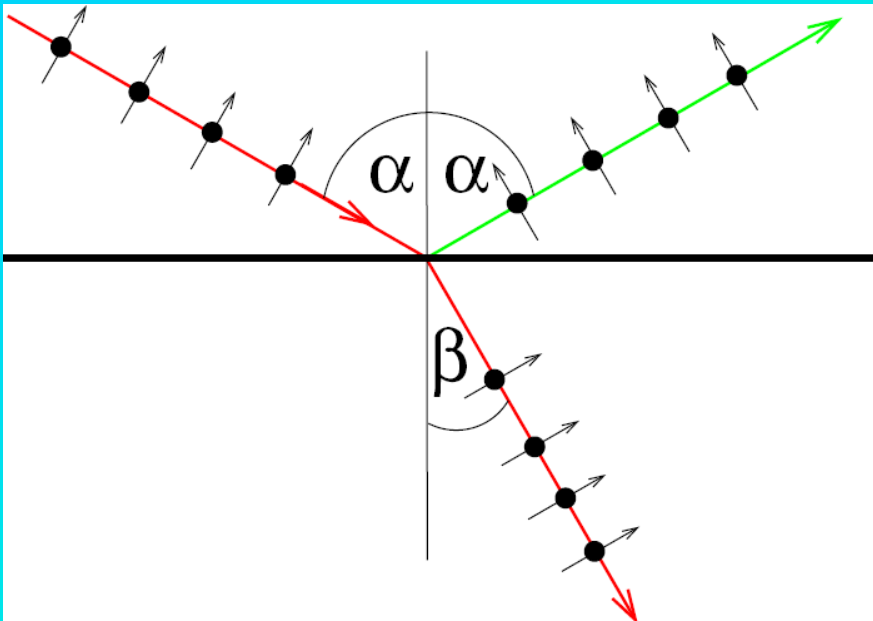
Agustin-Jean Fresnel (1817)

Fény = hullám + polarizáció

párhuzamosan

merőlegesen

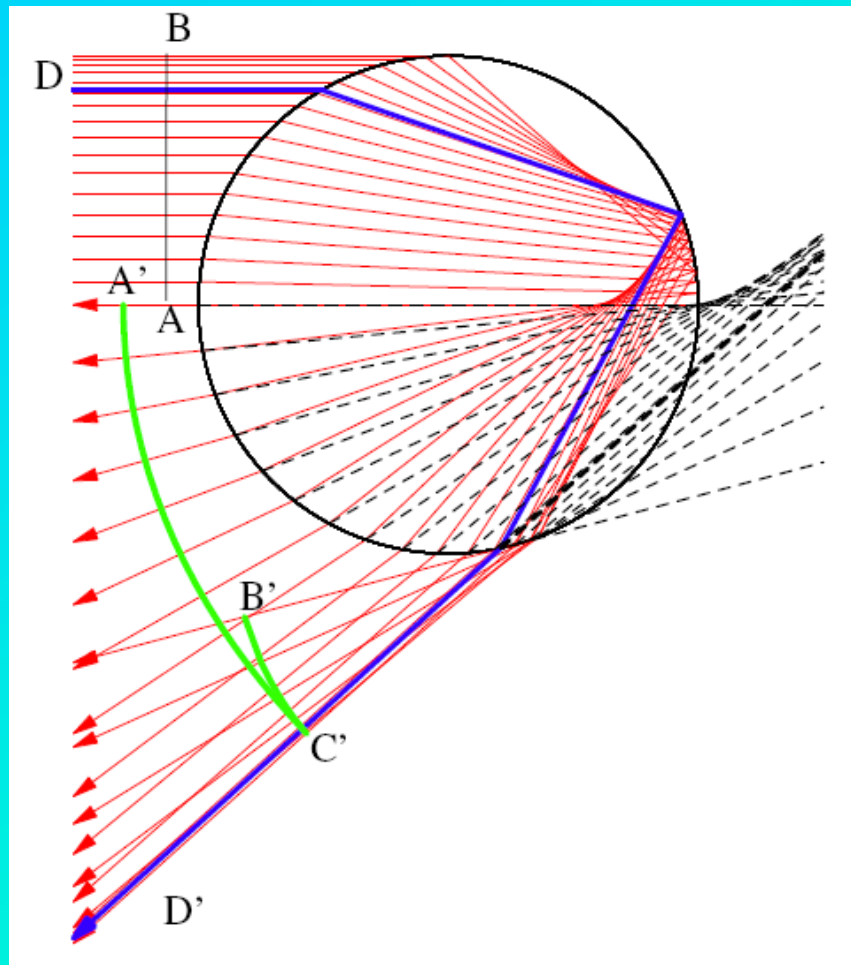
polarizált fény

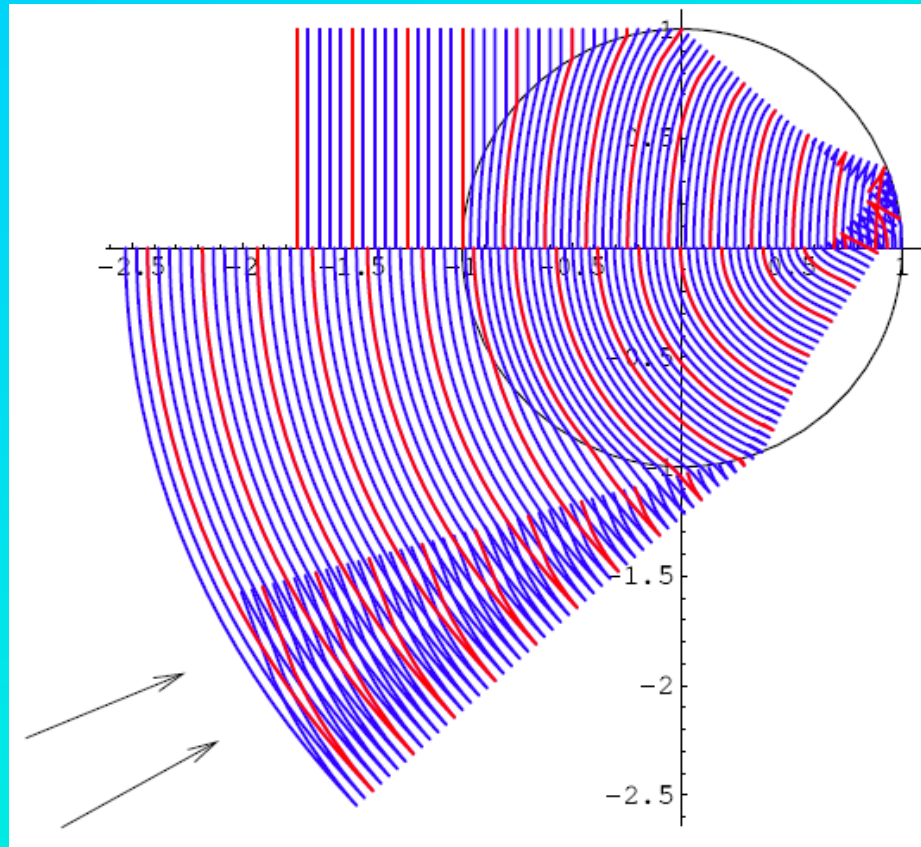


Elektromos tér iránya a beesés
síkjához képest

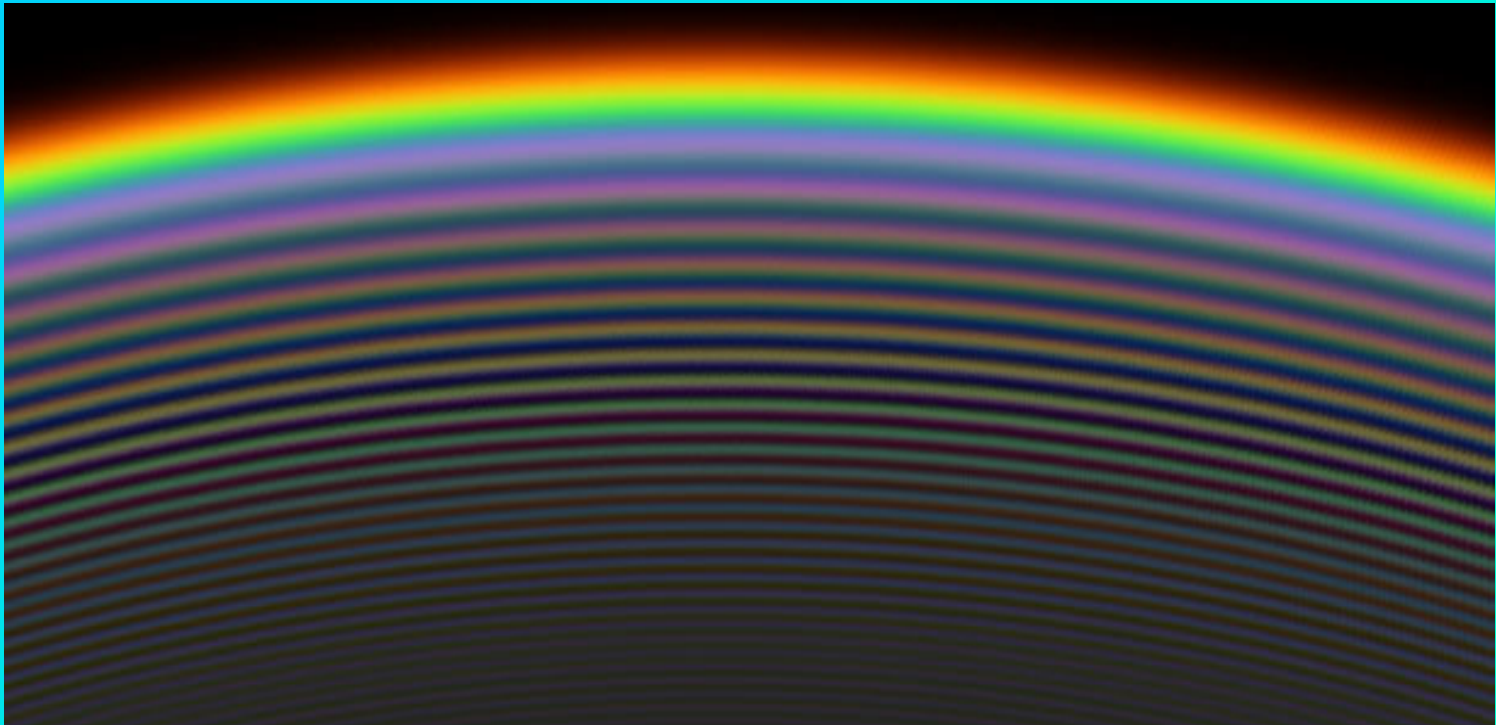
Járulékos ívek, a fény hullámtermészete

George Biddell Airy: 1838

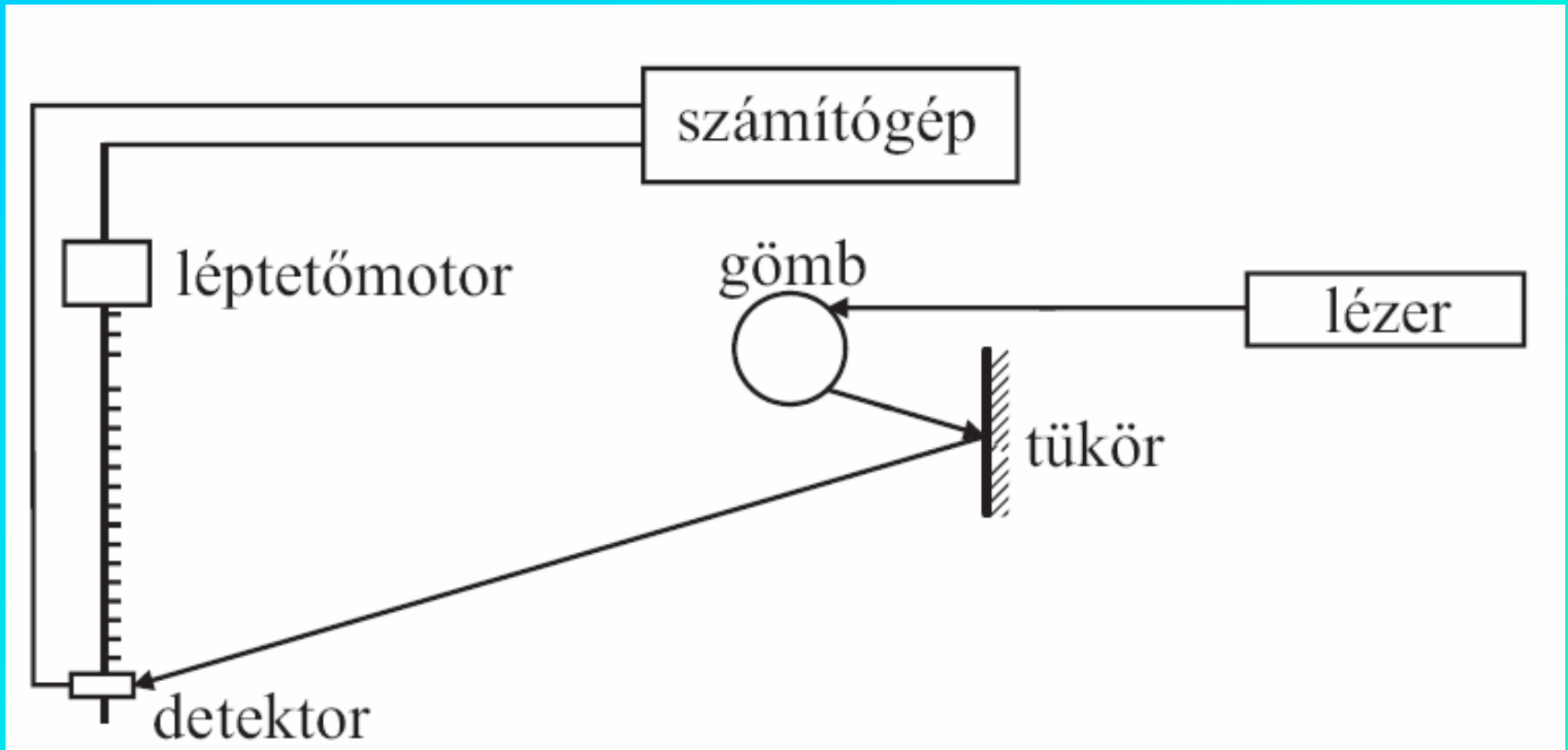




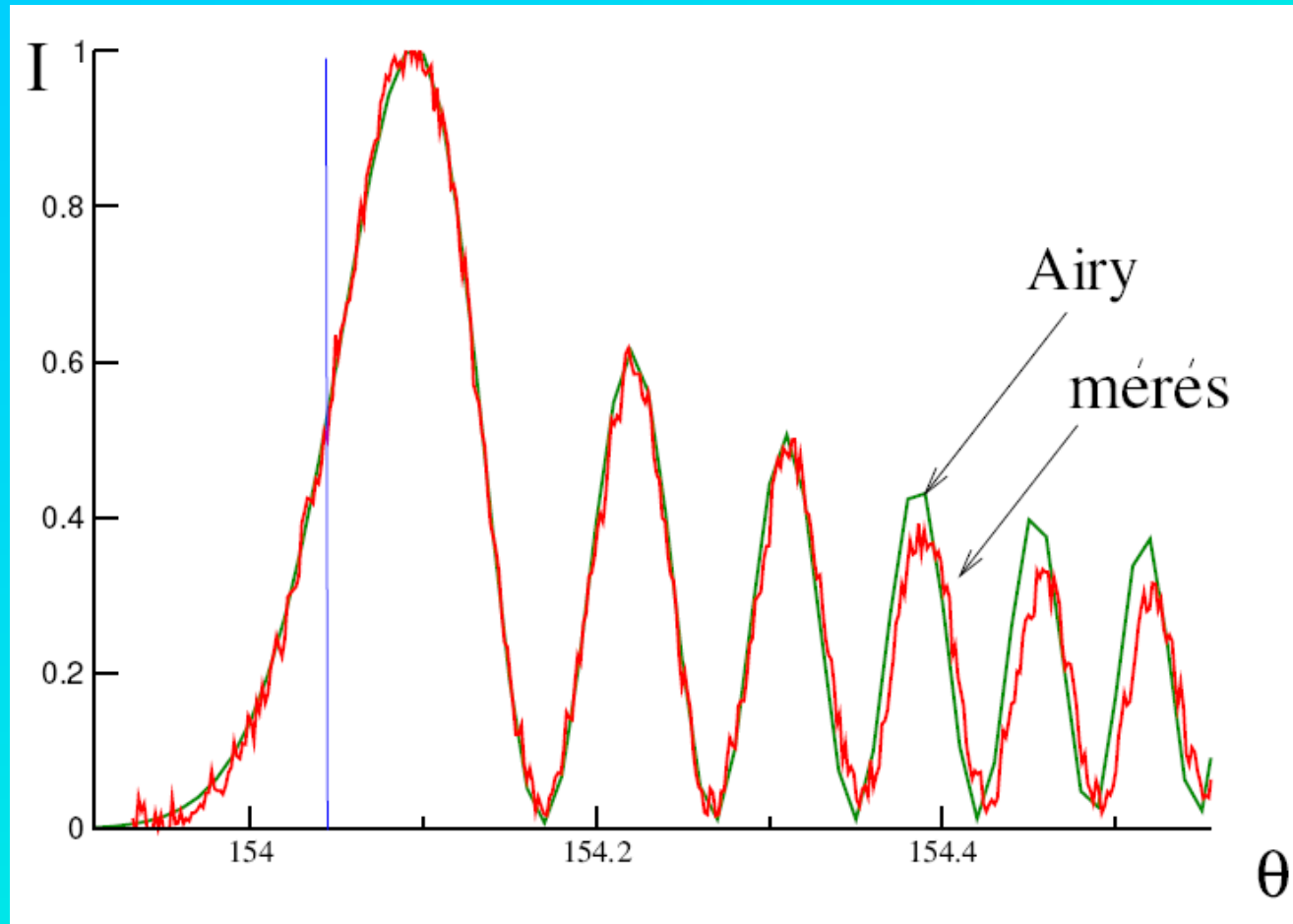
Járulékos ívek numerikus szimulációja



Mérések az ELTE-n



A mérés és az Airy-elmélet összehasonlítása



üveg ($n = 1,467$), lézerfény ($\lambda = 650$ nm), $R = 5,25$ mm, $kR = 50749$

Pontos leírás: Mie-elmélet

Fény = elektromágneses tér

Maxwell-egyenletek

James Clerk Maxwell: *On the Physical Lines of Force* (1862)

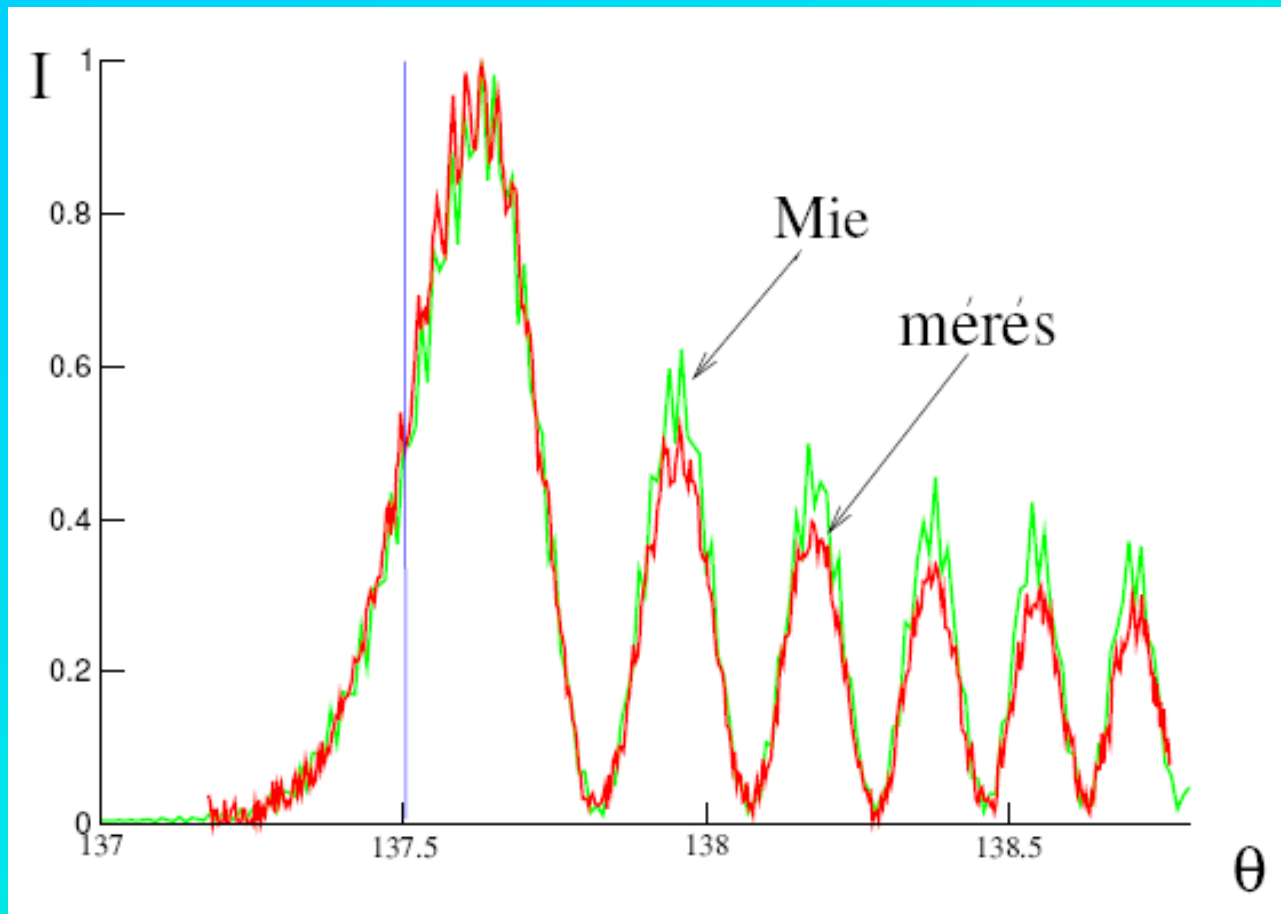
Szivárvány = Elektromágneses tér szórása gömb alakú törőközegen

Ludwig V. Lorenz: 1890

Egzakt (pontos) elmélet: **Gustav Mie: 1908**

Peter J. W. Debye: 1909

A mérés és a Mie-elmélet összehasonlítása (Huhn Andrásné)



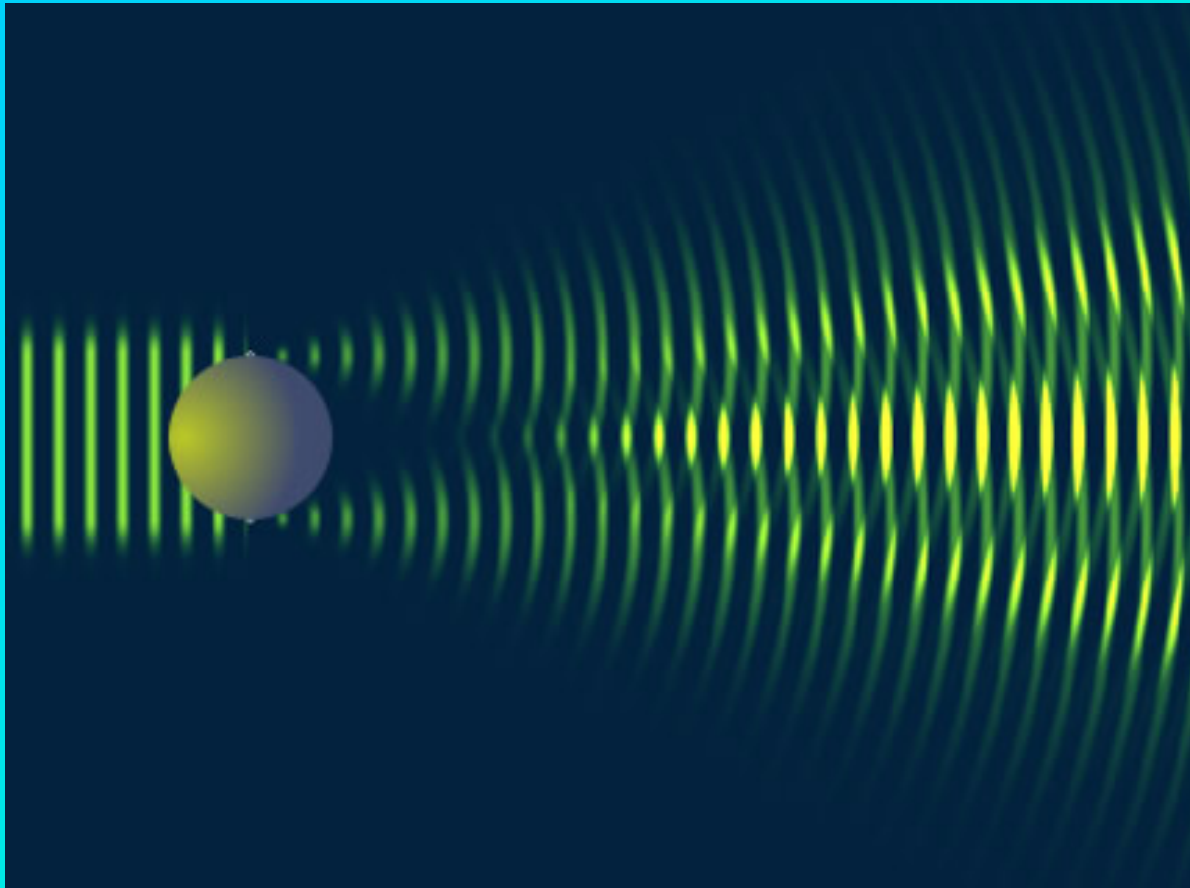
vízcsepp ($n = 1,33$), lézerfény ($\lambda = 650$ nm), $R = 1,82$ mm, $kR = 17593$

Koszorú: Holdudvar



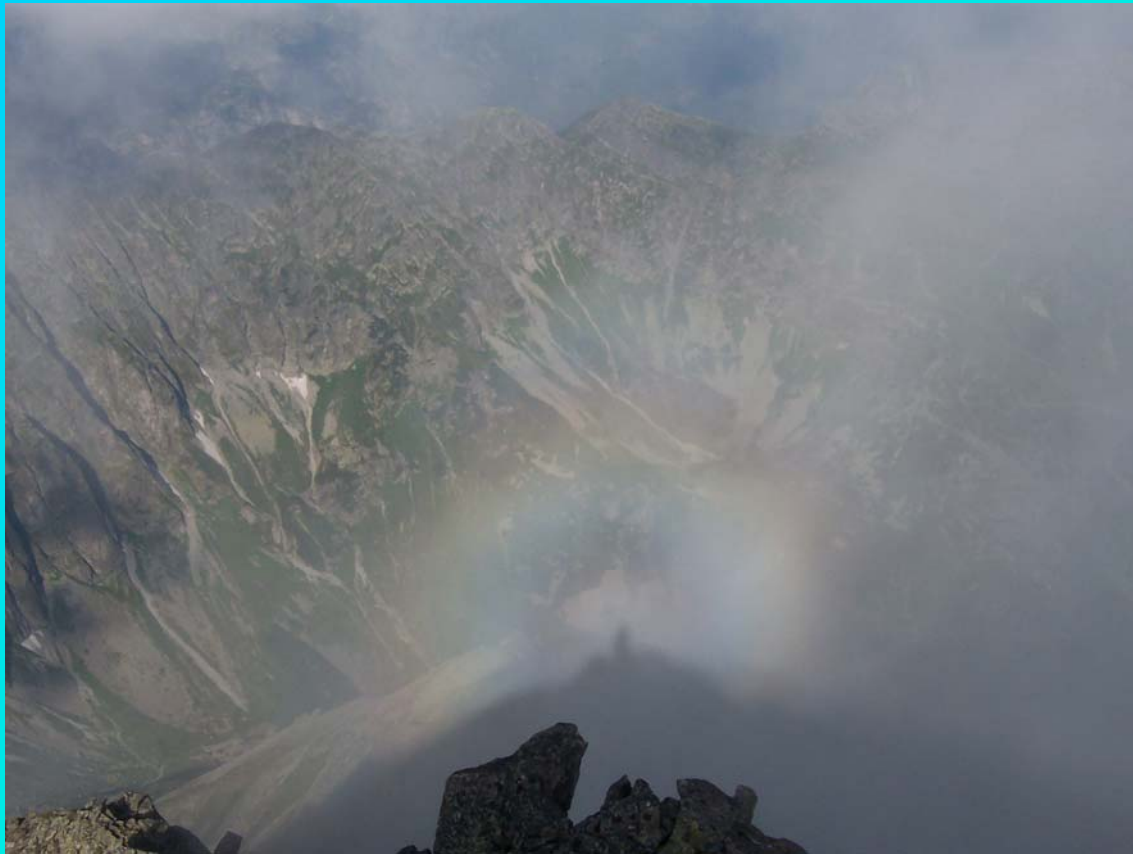
Krakatau vulkán, 1883

Kisszögű szórás



Glória a hegyen

Antonio de Ulloa: 1735 – Első leírás a glóriáról



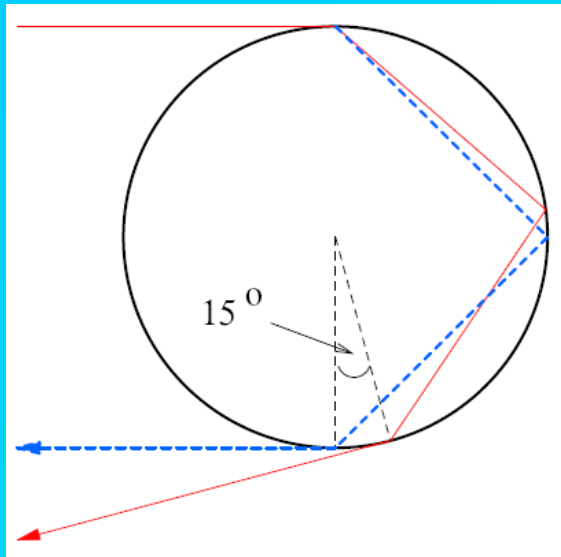
Vankó Péter felvétele

Glória repülón

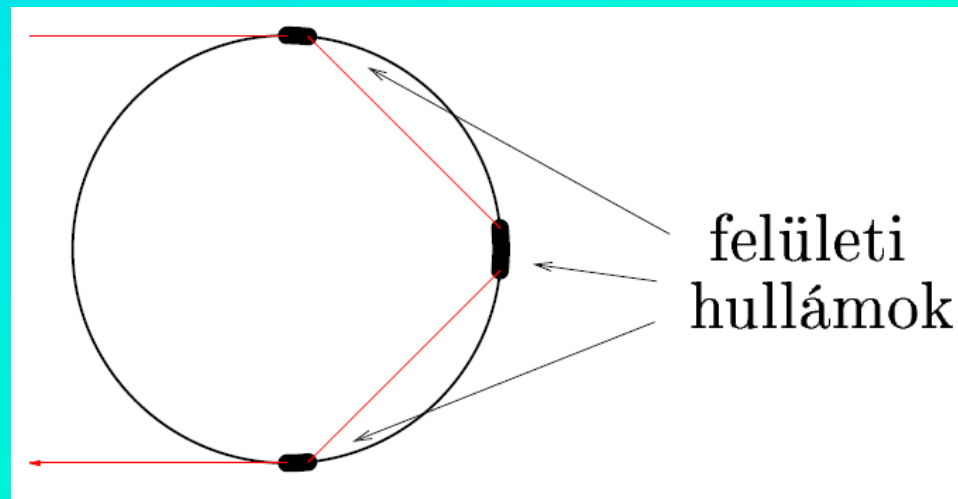


Derényi Imre felvétele

A glória, avagy a felületi hullámok



← A geometriai optika alapján **nem** értelmezhető a glória



Arisztotelész (Kr. e 384-322) – Felhőkön való visszaverődés
Aphrodisias Alexander: Kr. 200 – Sötét sáv
Roger Bacon: 1266 – Az első szögmérés
Theodoric Freiberg: ~ 1500 – Első kísérleti magyarázat üvegpalackkal
Rene Descartes: 1637 – Geometriai optika
Antonio de Ulloa: 1735 – Első leírás a glóriáról
Thomas Young: 1804 – Fény hullámtermészete
George Biddell Airy: 1838 – A kausztika szerepe
James Clerk Maxwell: 1862 - On the Physical Lines of Force
Billet: 1868 – Kísérletileg mért 20-ad rendű szivárvány
Ludwig V. Lorenz: 1890 – Egzakt elmélet
Gustav Mie: 1908 – Egzakt elmélet
Peter J. W. Debye: 1909 – Egzakt elmélet
Ford & Wheeler: 1959 – Kvantummechanikai szórás
Michael V. Berry: 1966 - Uniform közelítés kvantummechanikai szórásra
Khare & Nussenzveig: 1974 - Uniform közelítés fényszórásra
Wang & van de Hulst: 1991- A Mie-elmélet első numerikus szimulációja
Philip Laven: 2003 – Hatékony szimuláció a Mie-elmélet alapján
Horváth G. & Varjú D.: 2003 – Polarizációs mérések

Ingyenesen letölthető program található a

<http://www.philiplaven.com/mieplot.htm>

és sok ábra, illetve fénykép

<http://www.sundog.clara.co.uk/atoptics/phenom.htm>

<http://my.unidata.ucar.edu/content/staff/blynds/rnbw.html>

http://www.usna.edu/Users/oceano/raylee/RainbowBridge/Chapter_8.html

<http://hjem.get2net.dk/Hemmingsen/Rainbow/>

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/Rainbow/rainbow.html>

