



CCD a zsebben

Szakmány Tibor

PhD hallgató

SZTE Kísérleti Fizikai Tanszék



Tartalom:



- **Történeti áttekintés**
- **A CCD-ről általában**
- **Digitális spektroszkóp**
- **NIR érzékenység**
- **Mérjük meg a Hold keringési idejét**



Bevezető



A széles körben elterjedő modern digitális eszközök új lehetőségeket kínálnak az órai szemléltetésben, kísérletezésben, és mérési gyakorlatokban.

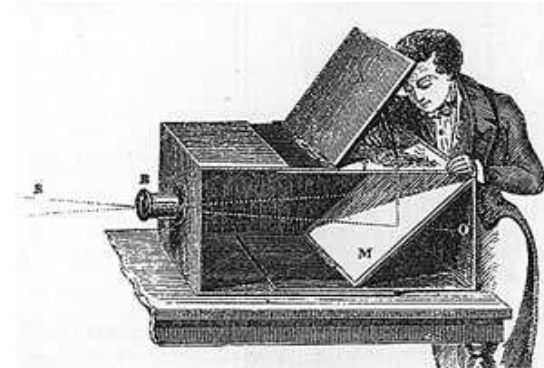




A digitális fényképezés története



- Camera obscura már az ókorban ismerik
- 1820. első fénykép
- XIX.század Nicéphore Niépce, Louis Daguerre, Fox Talbot fényképezés alapjai, fényérzékeny ezüst-só szemcsék
- 1839. Daguerreotype





A digitális fényképezés története



- George Eastmann (1898): ezüst só szemcsék celluloid filmen zselatin alapú emulzióban
- Lumière-testvérek: színesfilm
- Leica (Leitz camera) 1925-ben
- Számítógép és televízió 1950-es évekre



[1] Wikipedia - Internetes szabad lexikon (2009.03.14.)
http://hu.wikipedia.org/wiki/A_f%C3%A9nyk%C3%A9pez%C3%A9s_t%C3%B6rt%C3%A9nete



A digitális fényképezés története



- 1960-ra NASA digitális jeltovábbítási módszert dolgoz ki
- 1969-ben Willard Boyle és George Smith kifejlesztik a CCD-t
- 1986. Canon RC710 az első digitális fényképezőgép kereskedelmi forgalomban
- Napjainkra széles körben elterjedtek
- Beköszöntött a digitális fényképezés kora

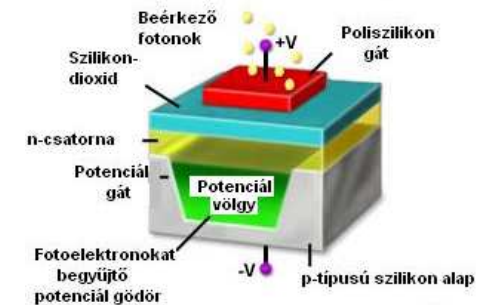
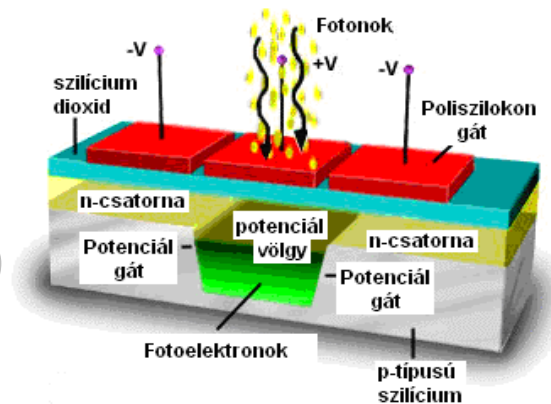
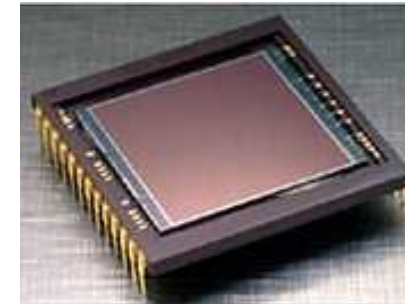


[2] Wikipedia - Internetes szabad lexikon (2006.11.08.)
http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_camera#History

CCD működése



- A digitális fényképezőgép lelke a CCD chip, fényérzékeny cellák kétdimenziós mátrixa
- Fém-oxid félvezető kondenzátor (MOS)
- Pixel (picture element)



[3] Davidson, Michael W. and Abramowitz, Mortimer: Concepts in Digital Imaging Technology, Molecular Expressions™ honlapja (2006.11.12.)
<http://microscopy.fsu.edu/primer/digitalimaging/concepts/concepts.html>

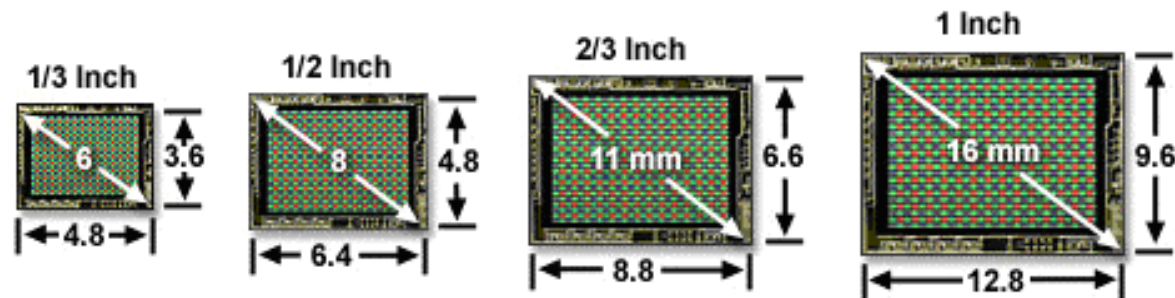
Felbontás, méret



- Leggyakoribb felbontások

640 x 480 pixel	0,3 Mpixel
1024 x 768 pixel	0,9 Mpixel
1280 x 960 pixel	1,3 Mpixel
2048 x 1536 pixel	3,1 Mpixel
2816 x 2112 pixel	6 Mpixel
3264 x 2448 pixel	8 Mpixel
3648 x 2736 pixel	10 Mpixel
4000 x 3000 pixel	12,1 Mpixel

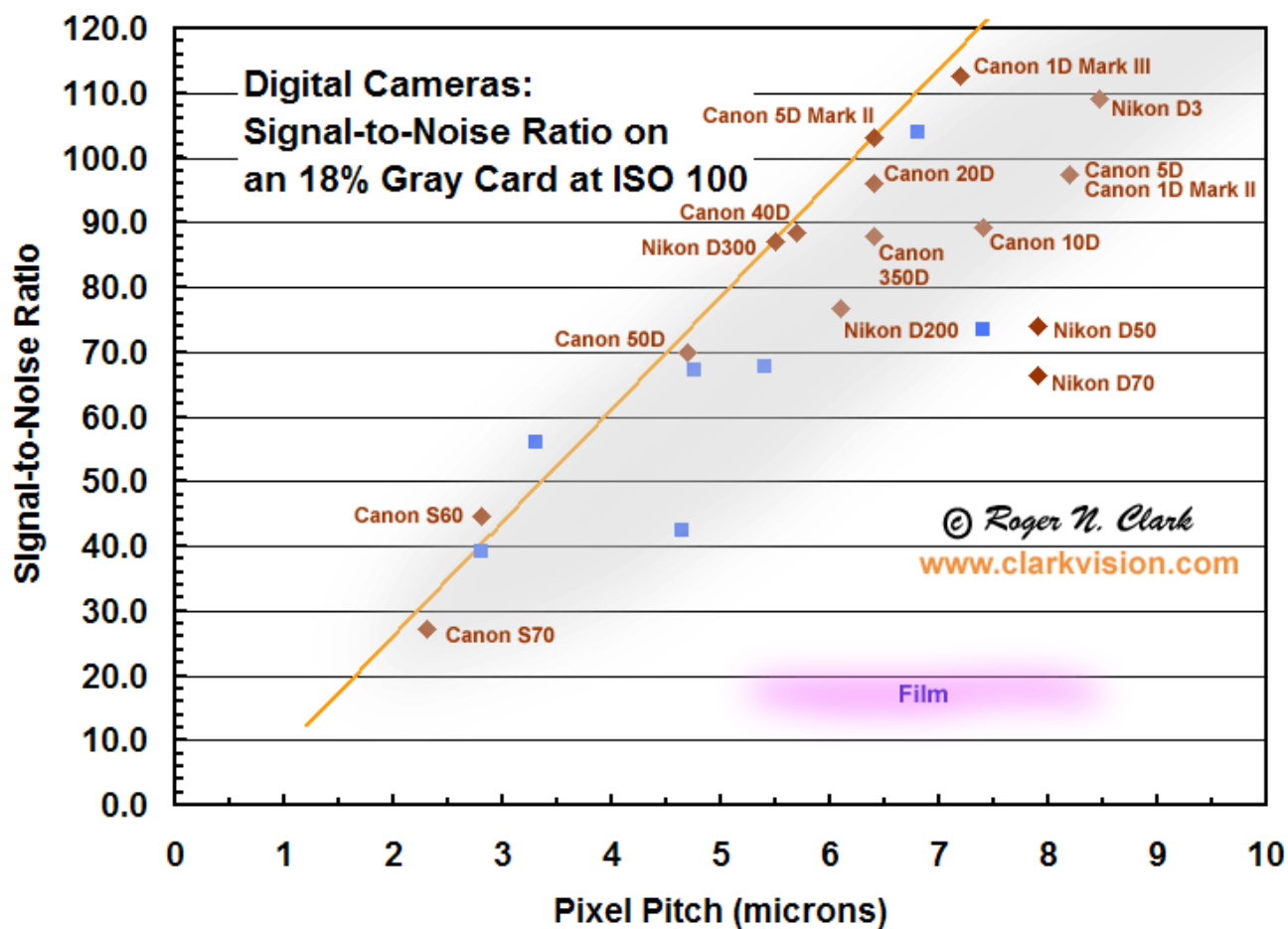
- Leggyakoribb érzékelő méretek



Megapixel háború



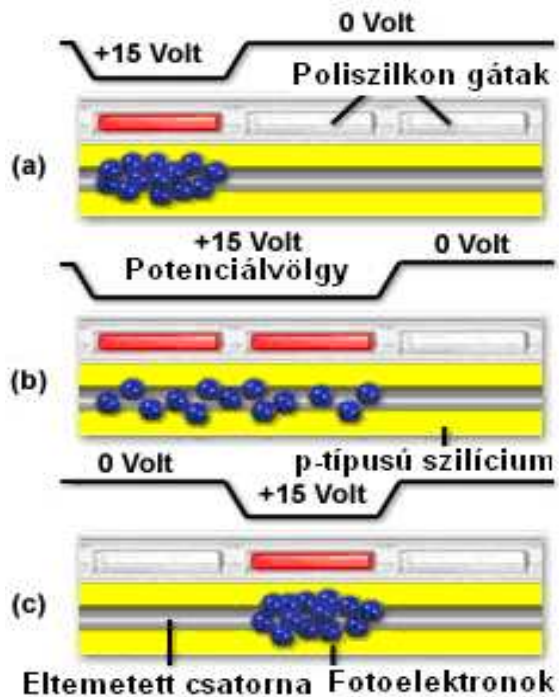
- Jel-zaj arány a pixel méretének függvényében



Kiolvasás, töltések léptetése



- A kiolvasás menete
- A töltések léptetése, háromfázisú órajel



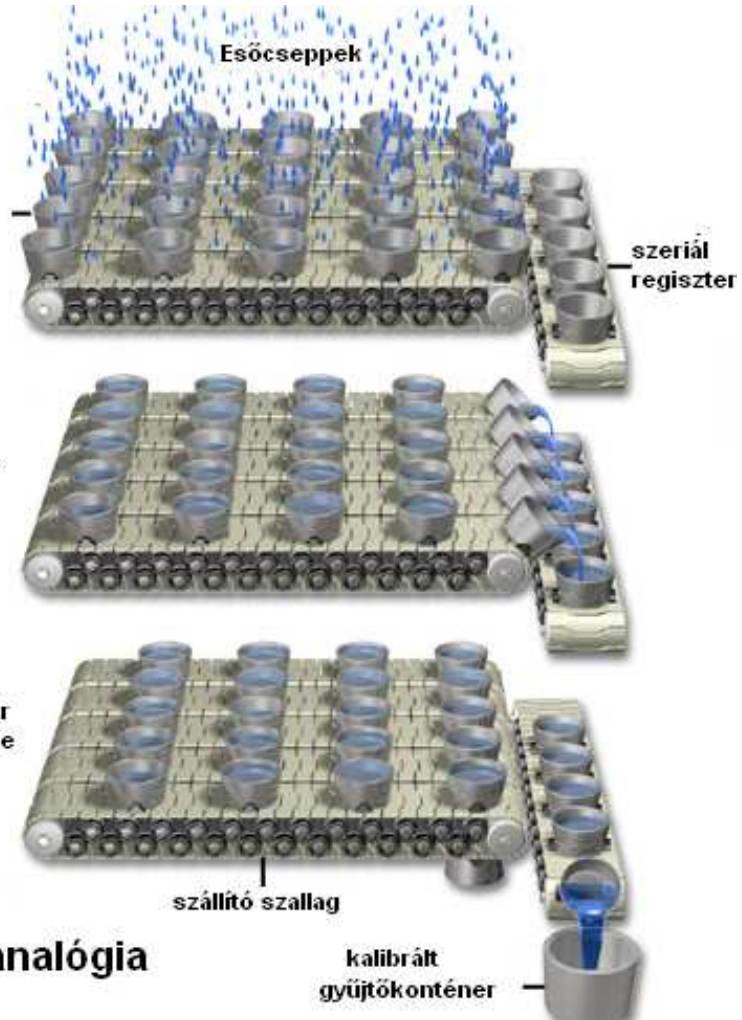
(a) Expozíció

elszigetelt párhuzamos sorok

(b) Sorok léptetése

(c) Szeriál regiszter léptetése

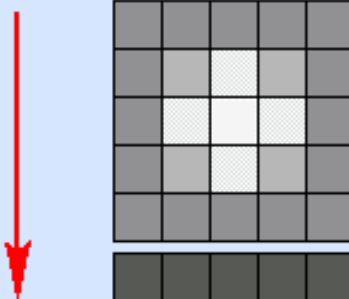
Vödör analógia



Kiolvasás, töltések léptetése



Clocking Parallel Register

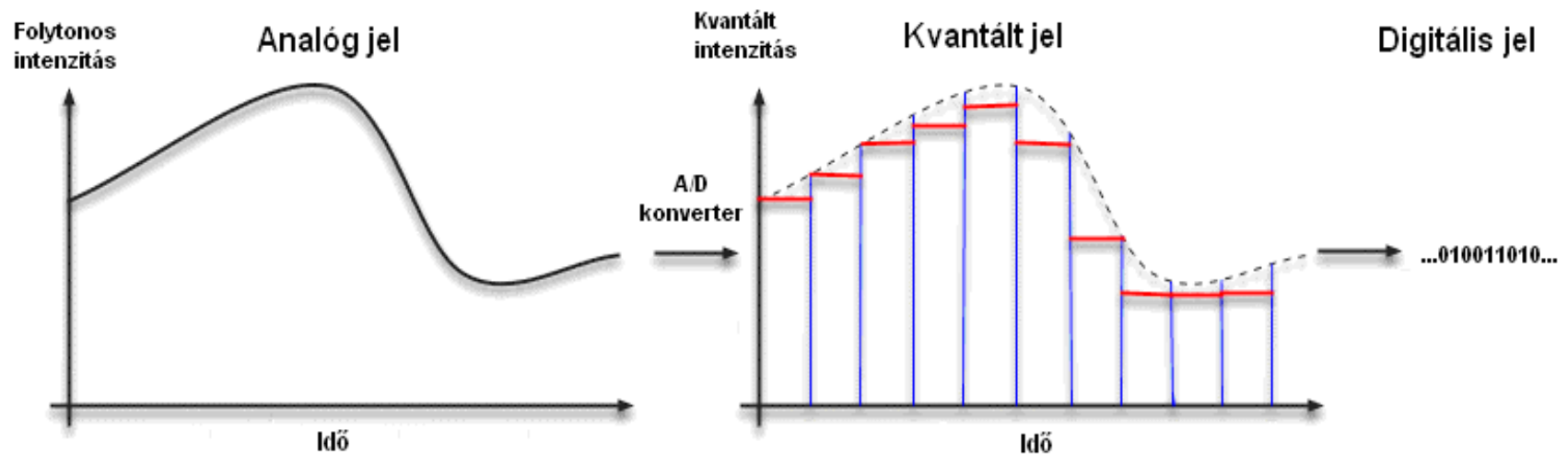


[4] Robert W. O'Connell: ASTR 130 (O'Connell) Lecture Notes - 7. ASTRONOMICAL IMAGING
<http://www.astro.virginia.edu/class/oconnell/astr130/lec7-f08.html>

A/D konverzió



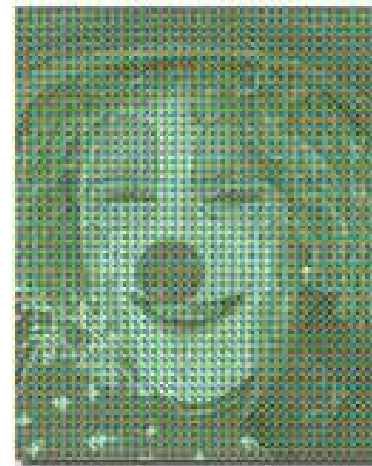
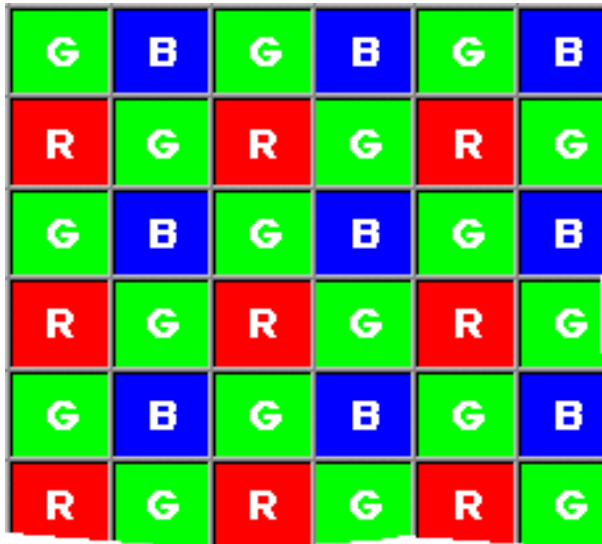
- Analóg jel erősítése
- A/D konverzió
- Digitális jelek:
JPEG 8 bit (256 érték)
(RAW kép 12 bit, professzionális gépek 14-16 bit)



Digitális színeskép



- Alapja a Bayer színszűrő
- Színkeverés három alapszínből
- $256 \times 256 \times 256 = 16,7$ millió szín



(a)



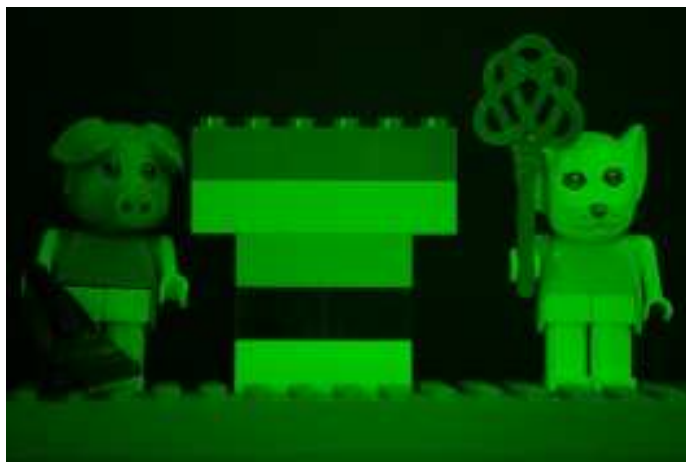
(b)



Színkeverés



- Fényképek Bayer színszűrőkkel



Felhasználás



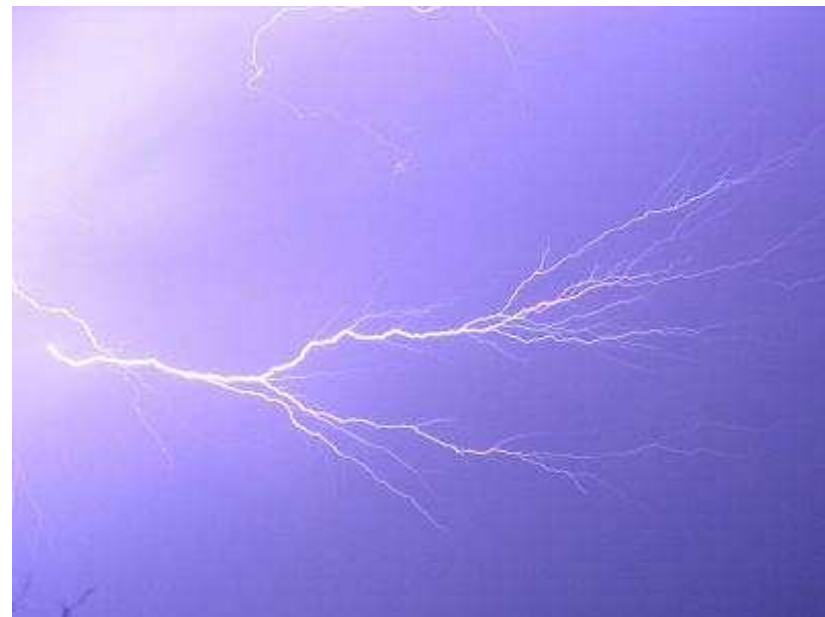
- Fénykép, sorozatkép, videofelvétel készítése szinte bárhol, bármikor
- Képek számítógépre mentése
- Számítógépről vezérelt fényképezés



A fizikaoktatásban



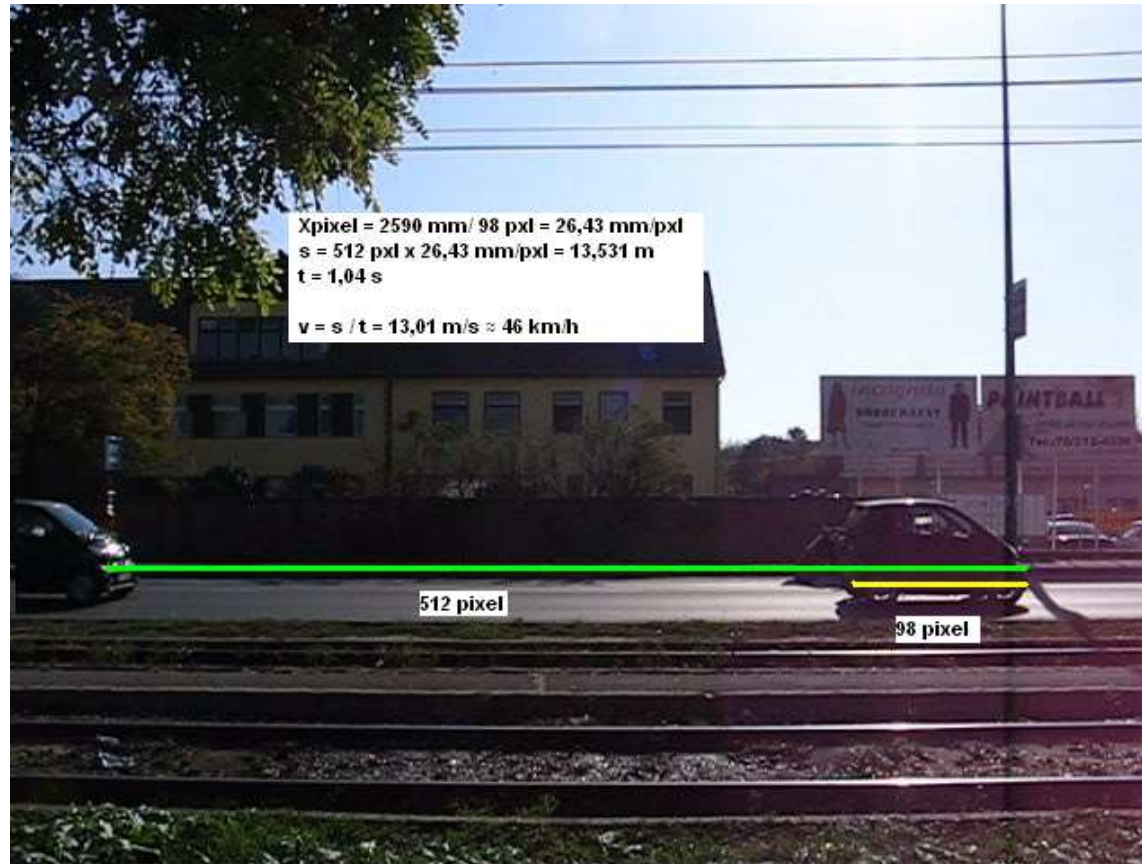
- Fényképezés rövid és hosszú záridővel



A fizikaoktatásban



- Videofelvétel - mozgások, sebességmérés



A fizikaoktatásban



- Sorozatfelvétel, videofelvétel - nyomkép



A fizikaoktatásban



- A digitális fényképezőgépek, mobiltelefonok kijelzői és az LCD monitorok polarizált fényt bocsátanak ki

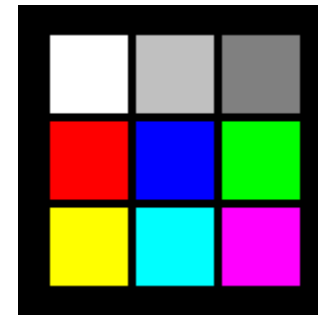
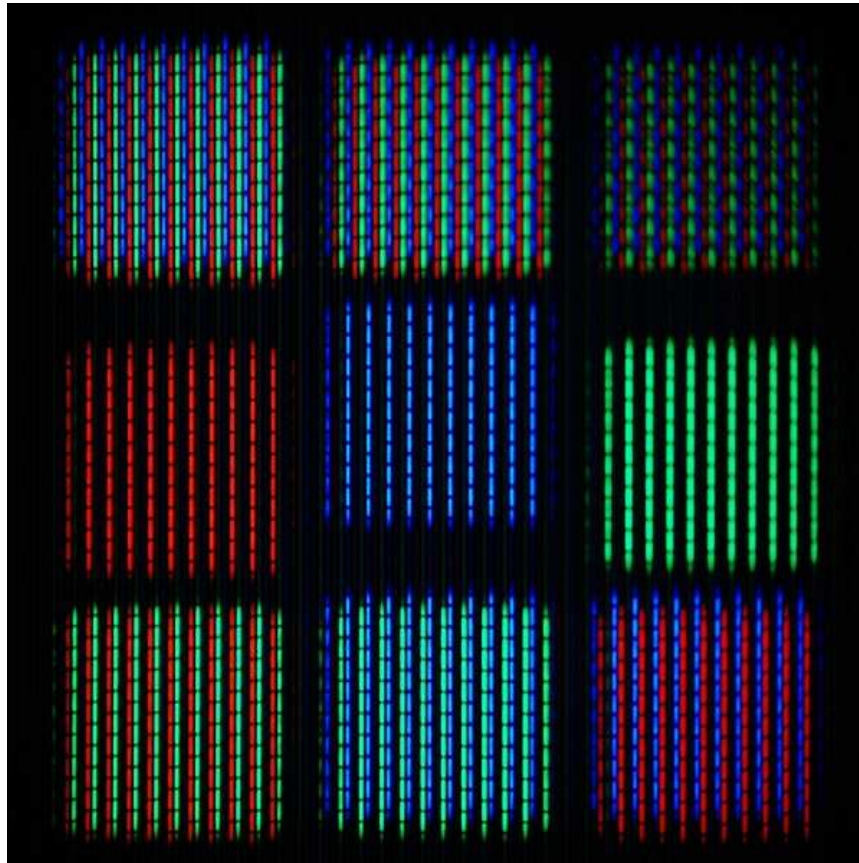


A fizikaoktatásban



Színkeverés:

- Monitorok, kijelzők - makró fotók



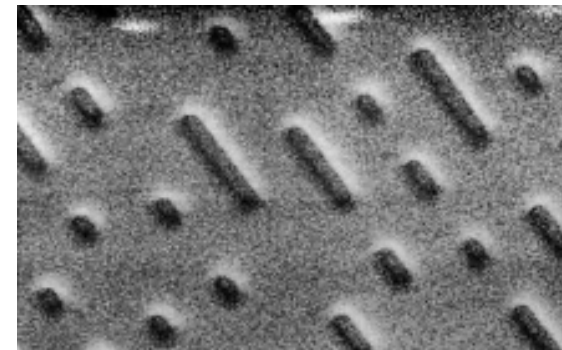
„Digitális spektroszkóp”



- Bontó elem: CD
- Az adatokat rövid és hosszú mélyedések spirális barázdákban elrendezett sorozata hordozza



- A barázdák $1,6\mu\text{m}$ -re

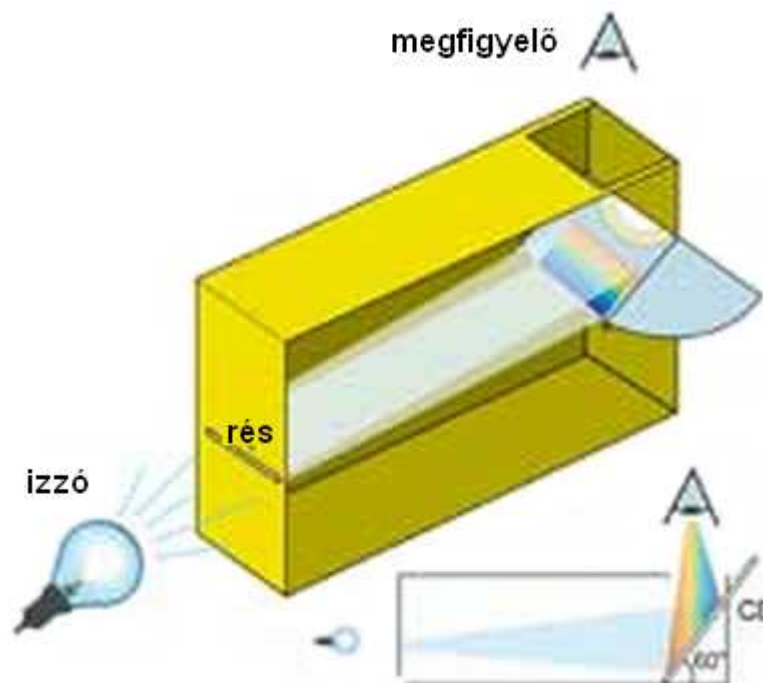


Házi készítésű spektroszkóp



Eszközök:

- CD lemez
- Karton doboz (pl. müzlis doboz)
- Szigetelő szalag
- Borotva penge



Egy másik megvalósítás webkamerával:

<http://pilath.fw.hu/spt.htm>

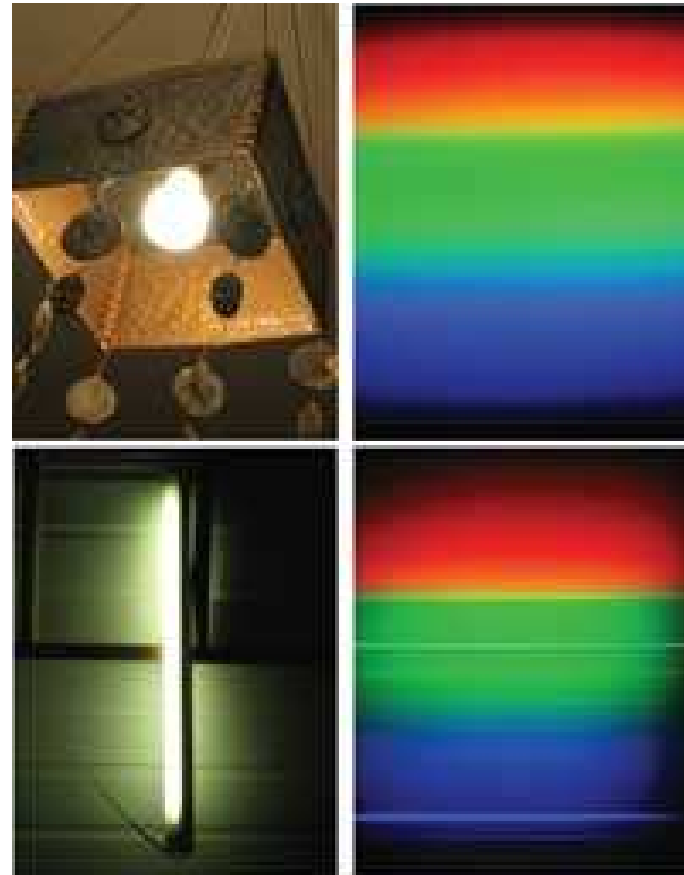


Kísérletezés otthon



Különböző fényforrások:

- Izzó
- Fénycső

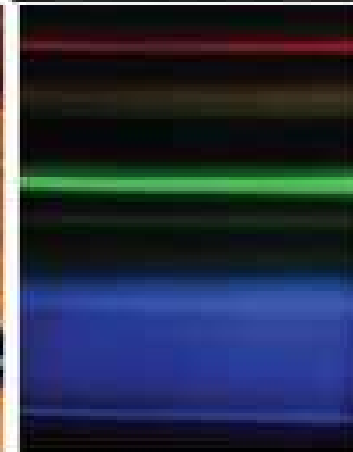
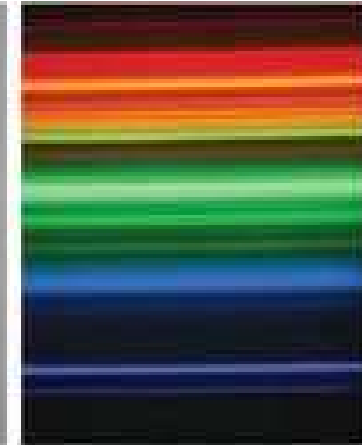


Kísérletezés otthon



Különböző fényforrások:

- Takarékos égő
- Monitor (fehér lap)

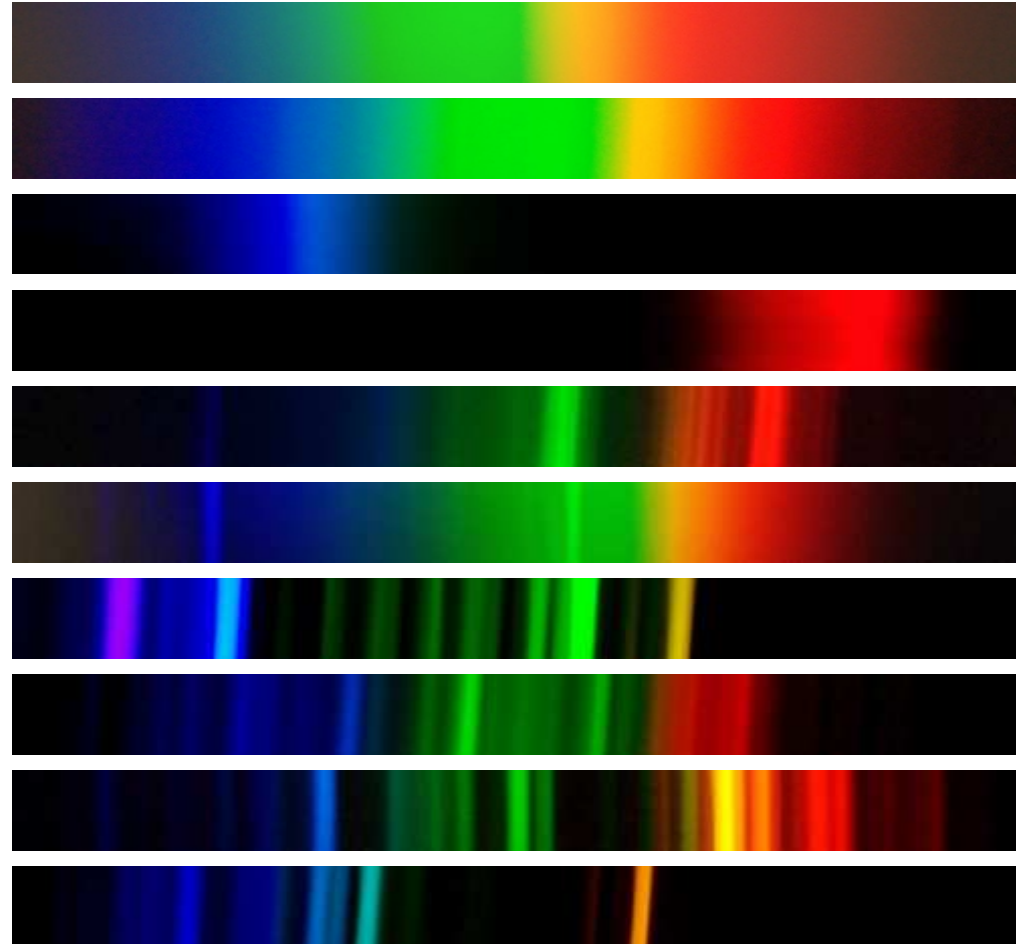


[5] Mark Tiele Westra (Fordította: Adorjánné Farkas Magdolna):
Vess egy új pillantást a fényre: készítsd el a saját spektroszkópod; Science in School - Issue 4
<http://www.scienceinschool.org/2007/issue4/spectrometer/hungarian>

Spektrum fotók



- Gyertya
- Nap
- Kék LED
- Piros LED
- Takarékos izzó
- Fénycső
- Kvarc lámpa
- Hg
- Ne
- He



„Digitális spektrométer”



- Relatív intenzitás értékek meghatározhatók

The screenshot shows the 'neon - Paint' application interface. The main window displays a rainbow spectrum. A 'Színek szerkesztése' (Color Adjustment) dialog box is open, showing a color picker and numerical values for color components. A red line points from the 'Fényerő' (Brightness) value of 122 in the dialog to the corresponding point on the spectrum.

Árnyalat:	Vörös:
21	255

Telítettség:	Zöld:
240	138

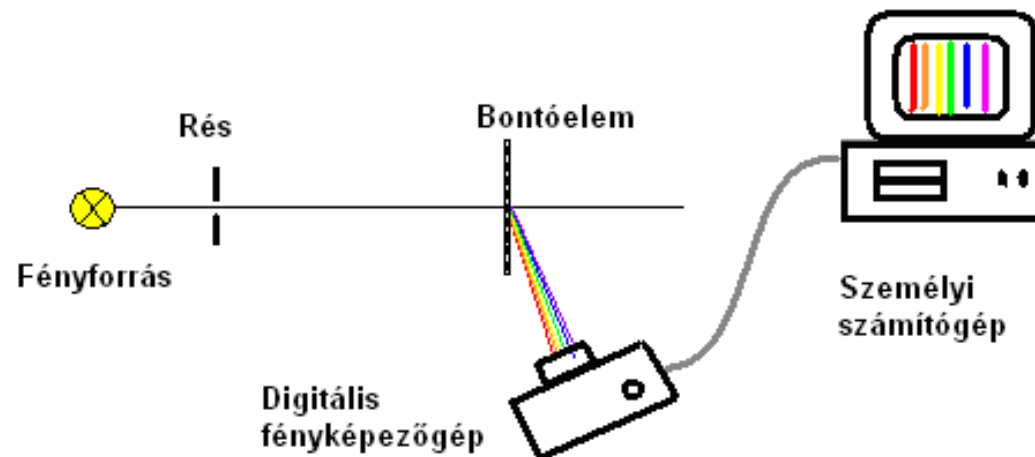
SzínEgysznü	Fényerő:	Kék:
	122	4



„Digitális spektrométer”



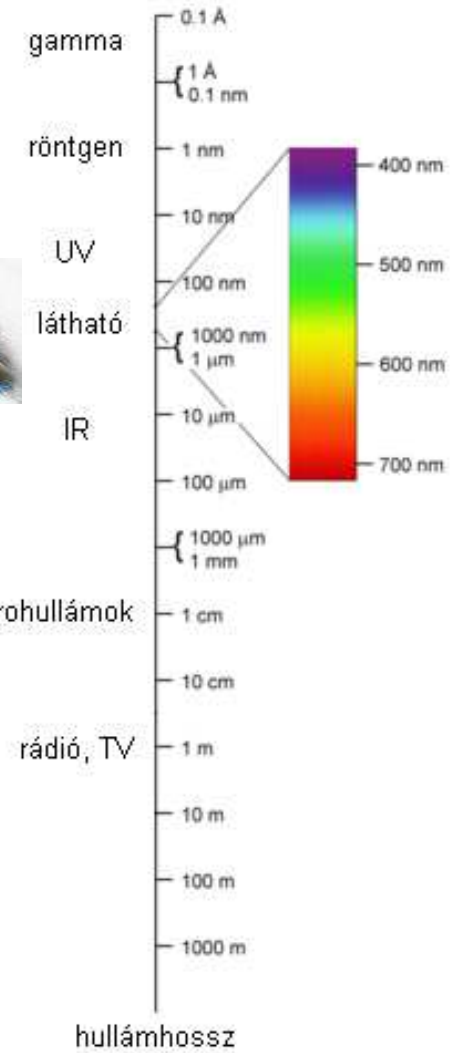
- Számítógép vezérelt fényképezés
- Rögzített elrendezés
- Bontott fény az objektívre (fényképezőgép, webkamera)
- Ismert fényforrás vonalas színeképe kalibráláshoz
- Szoftver írható (java, C#)



Spektrum



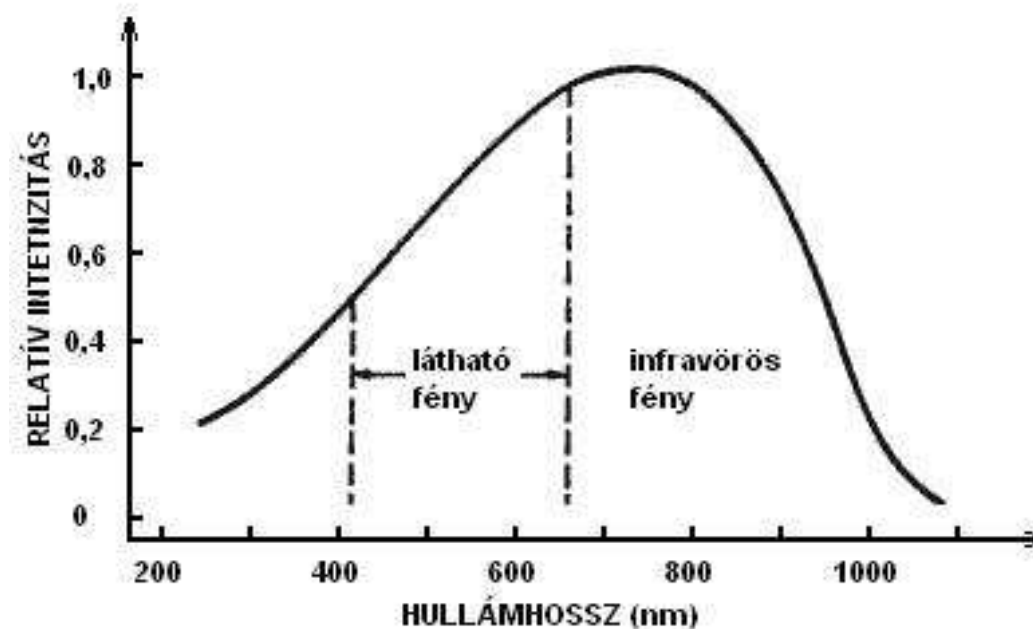
Nehéz megmutatni a látható tartományon kívül



IR fényképezés



- A CCD érzékeny a közeli infravörös tartományra
- Kiküszöbölése: CCD előtt felülvágó IR szűrő



IR fényképezés



- **Fényképezés 720nm-es IR-szűrővel**



[6] Planinsic, Gorazd: A photoshoot for food and drink: camera 'sees' more than you think, Physics Education 39 (2004) 32-33. o.



IR fényképezés



- 720nm, 920nm alulvágó fotós szűrő (10-12eFt)



[7] Bodnárné Horváth Ildikó: Álomvilág c. fotója - http://www.fotozz.hu/teljes_kepet_mutat?Foto_ID=182201

IR fényképezés



- IR fényképezés szűrő nélkül
- Otthoni kísérletezés:
Mi átlátszó, mi nem
(fekete üveges anyagok, kóla, szemeteszsák)

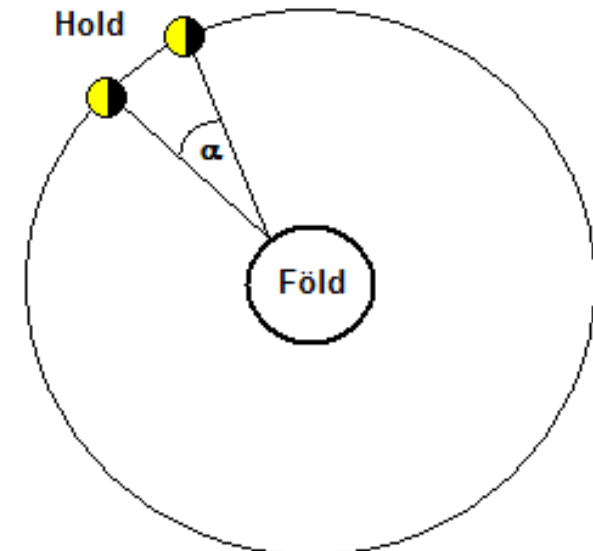
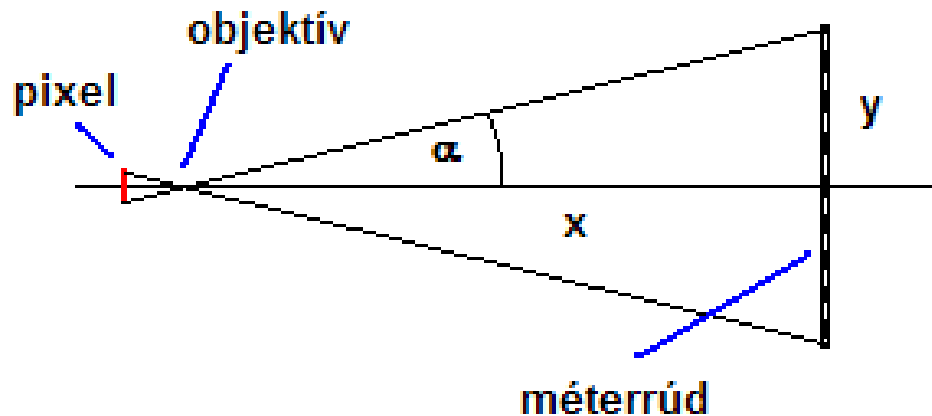


Egy másik megvalósítás webkamerával:
<http://pilath.fw.hu>

Hold keringési ideje



- Két egymást követő nap
- Hold delelési ponthoz közel
- Pixeltávolság és fok/pixel váltószám alapján napi szögelfordulás meghatározható



Hold keringési ideje



Váltószám meghatározása:

- Mérőszalag 1m-ét
- A fényképezőgép 1m távolságra



- $26,56^\circ$ -ra 1207px jut
- A váltószám $\sim 0,022^\circ/\text{px}$



Hold keringési ideje



- 24 óra alatt 518px >> 11,40 °/nap >> 31,6 nap
- Szinódikus hónap: 29,53 nap

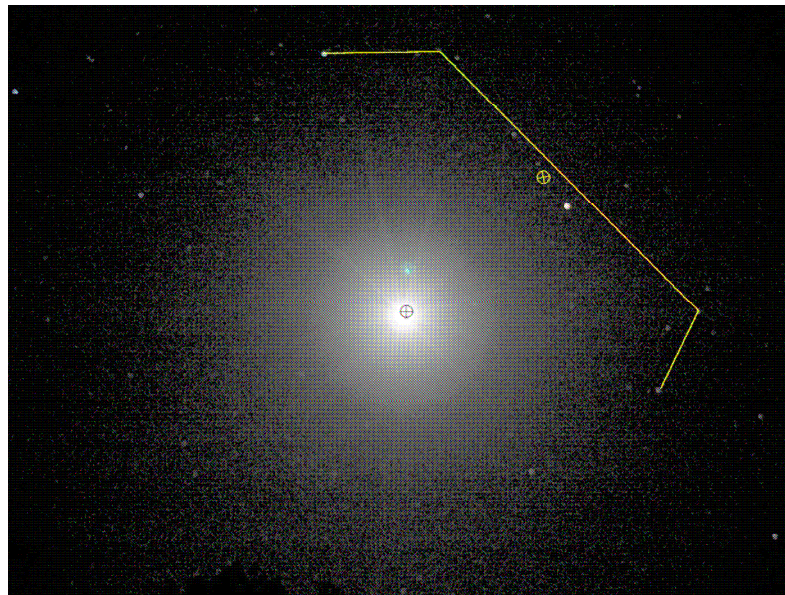


Hold keringési ideje



Mérés pontossága:

- Rögzített pozíció - a fényképezőgép állványon marad
- Számítógépről vezérelt fényképezés
- Elmozdulás meghatározása az állócsillagokhoz képest



[8] Hughes, Stephen W.: Measuring the orbital period of the Moon using a digital camera, Physics Education 41(2006) 144-150. o.



Felhasználás előnyei



- Az oktatásban felhasználható képanyagot a diákok készítik el, akár a saját fényképezőgépükkel
- Digitális formátum - könnyen tárolható, bármikor újra felhasználható
- Mobilitás - iskolában, szabadban („outdoor physics”), otthon
- A tanulók számítástechnikai tudásának kihasználása, kapcsolódás az informatika, multimédia órákhoz
- Motiváció - kedvező attitűd
(tudás átadása „high-tech” eszközök segítségével)



Ábrák és irodalom



- [1] Wikipedia - Internetes szabad lexikon (2009.03.14.)
http://hu.wikipedia.org/wiki/A_f%C3%A9nyk%C3%A9p%C3%A9szet_t%C3%B6rt%C3%A9nete
- [2] Wikipedia - Internetes szabad lexikon (2006.11.08.)
http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_camera#History
- [3] Davidson, Michael W. and Abramowitz, Mortimer: Concepts in Digital Imaging Technology, Molecular Expressions™ honlapja 2006.11.12.
<http://microscopy.fsu.edu/primer/digitalimaging/concepts/concepts.html>
- [4] Robert W. O'Connell: ASTR 130 (O'Connell) Lecture Notes - 7. ASTRONOMICAL IMAGING
<http://www.astro.virginia.edu/class/oconnell/astr130/lec7-f08.html>
- [5] Mark Tiele Westra (Fordította: Adorjáné Farkas Magdolna): Vess egy új pillantást a fényre: készítsd el a saját spektroszkópod; Science in School - Issue 4
<http://www.scienceinschool.org/2007/issue4/spectrometer/hungarian>
- [6] Planinsic, Gorazd: A photoshoot for food and drink: camera 'sees' more than you think, Physics Education 39 (2004) 32-33. o.
- [7] Bodárné Horváth Ildikó: Álomvilág c. fotója
http://www.fotozz.hu/teljes_kepet_mutat?Foto_ID=182201
- [8] Hughes, Stephen W.: Measuring the orbital period of the Moon using a digital camera, Physics Education 41(2006) 144-150. o.
- [9] Furész Gábor: CCD alapismeretek;
<http://ccd.mcse.hu/ccdalap.html>
- [10] Kaucsár Márton: Digitális fényképezőgép I.- XII.
Firka, Az Erdélyi Magyar Muszaki Tudományos Társaság kiadványa, 2002-2004, 12.évf.5.sz.-tól 14.évf.4.sz.-ig megjelent cikksorozata
- [11] Zetie, Ken: Cheap camera illuminates the infrared
Physics Education 41 (2006) 208. o.

