

A DIGITÁLIS FÉNYKÉPEZŐGÉP HASZNÁLATA A FIZIKAOKTATÁSBAN

Nagy Péter

2007

Tartalom

1. Bevezetés.....	4
2. A digitális képkészítés folyamata.....	6
2.1. A CCD működése.....	6
2.2. A CMOS.....	8
2.3. Az expozíció.....	10
2.4. A digitális fényképezőgépek legfontosabb jellemzői.....	12
3. A digitális fényképezőgép felhasználási területei a fizikaoktatásban.....	17
3.1. Tanórai tanári demonstráció.....	17
3.1.1. Pohl-féle áramlási készülék.....	17
3.1.2. Pénzdarab úszása víz tetején.....	18
3.1.3. Minimálfelületek.....	19
3.1.4. Csúcs hatás.....	21
3.2. Kísérletek részleteinek táblára történő vetítése.....	23
3.2.1. Törésmutató mérése.....	23
3.2.2. Felületi feszültség mérése a kapilláris emelkedésből.....	25
3.3. Mozgó test sebességének becslése elmosódottság segítségével.....	26
3.3.1. Meglökött érme sebessége.....	27
3.4. Lassú folyamatok felgyorsítása.....	28
3.4.1. „Ólomfa” növesztése.....	29
3.5. Stroboszkópos felvételek sorozatképek segítségével.....	32
3.5.1. A „stroboszkópos” módszerrel szemben felmerülő nehézségek.....	32
3.5.2. Néhány dolog, amire érdemes odafigyelni a fotózás alatt.....	36
3.5.3. A stroboszkópos felvételek kiértékelése.....	37

3.5.4. <i>A matematikai inga.....</i>	38
3.5.5. <i>Lejtőn leguruló test.....</i>	39
3.5.6. <i>Ütközések.....</i>	39
3.6. A Videopoint program használata.....	41
3.6.1. <i>A program felhasználási területei.....</i>	42
3.7. Gyors folyamatok vizsgálata.....	44
3.7.1. <i>Felvételkészítés kis záridővel.....</i>	45
3.7.2. <i>Felvételkészítés sorozatképek segítségével.....</i>	46
4. Diskusszió.....	49
5. Felhasznált irodalom.....	52

1. Bevezetés

Comenius óta tudjuk, hogy a szemléletesség elve az egyik legfontosabb didaktikai alapelv, amire különösen nagy hangsúlyt kell fektetni a fizikaoktatásban. Középiskolában elsősorban kísérleti fizikát tanítunk a gyerekeknek, ami azt jelenti, hogy először bemutatjuk a fizikai jelenséget, és azután próbáljuk meg elmagyarázni, mi is történt valójában. Ahhoz, hogy azt elérjük, hogy minél jobban megmaradjon a gyerekekben a tananyag, érdekesnek kell lennie a bemutatott kísérletnek, vagy legalább arra kell törekedni, hogy valahogyan megfogjuk a diákokat. Manapság nem tagozatos osztályokban a gyerekek három évig, hetente mindössze két órában tanulnak fizikát, ami már önmagában nézve is aggasztó, ráadásul szomorúan megállapíthatjuk, hogy a fizika iránti érdeklődés a tantárgyakat tekintetbe véve igencsak az utolsók között van. A fizikatanárnak az egyik legnagyobb feladata tehát az érdeklődés felkeltése, minden olyan eszközzel, amihez csak hozzáfér. Mivel a fényképezés a digitális technika által egyre szélesebb körben terjed el, a gyerekek is rengeteg fényképeznek. Sokuknak van digitális gépe is, egy nyitott szemmel járó fizikatanár számára felmerülhet a kérdés, hogy a digitális fényképezőgépet, mint segédeszközt mi módon lehet alkalmazni a pedagógiai munkában. Ezáltal talán azok számára is felkelthető az érdeklődés a fizika iránt, akik ezelőtt nem nagyon foglalkoztak vele.

Hihetetlen technikai fejlődések korában élünk. Elsősorban a számítástechnikában, de a fényképezés területén is rengeteg olyan eszközt fejlesztenek ki, amely közvetlen hatással van kultúránkra, mindennapjainkra. Mindenki tudja, hogy az informatika az egyik leggyorsabban fejlődő iparág, a processzorok teljesítménye egyre növekszik, már nagyjából egy éve átlépte azt a határt, amit egy átlagos ember még ki tud használni. Az adathordozók területén sem lehet ok semmi panaszra, hiszen a winchesterek 200 Gbyte-os kapacitása a legtöbb felhasználónak elegendő, ha esetleg mégsem lenne elég, adatainkat elmenthetjük CD-re (700 Mb), DVD-re (4,7 Gb), nemsokára Blu-Ray-re vagy HDDVD-re (25-30 Gb), és talán két-három év múlva HVD-re (holografikus lemez), amire állítólag valamikor 1 Tb(!!!) adatot tudunk rögzíteni. Ez a fejlődés szükséges feltétele volt annak, hogy a digitális fényképezőgépek által készített rengeteg kép- és videófájl olcsón és kényelmesen kezelhető legyen.

Az első digitális fényképezőgép 1997 táján került a fogyasztóközönség elé, akkor talán még sokan nem is látták micsoda perspektívája lesz még ennek az eszköznek. 1998-ban a kevesebb, mint egy megapixeles Canon A5 fényképezőgépért kb. 220 ezer forintot kellett fizetnünk, jobb üzletekben már lehetett kapni 1,3 sőt 1,6 megapixeles kamerákat is potom 300-400 ezer forintos áron. Ne feledjük, hogy ekkor még a kenyér kilója 90 forint körül, a benzin literenkénti ára 156 forint körül járt. 1999-ben a kétmegapixeles gépek jelentették a csúcst, ekkor a profik kétmillió forintért már megvehették a Nikon D1-et. 2001-ben felkerültek a polcokra a három megapixeles digitális fényképezőgépek, 2002-ben a négymegapixelesek, 2003-ban pedig könnyen hozzá lehetett jutni akár az ötmegapixeles Canon G5 géphez is 280 ezer forintért, és még ebben az évben megjelent az első olcsó tükörreflexes digitális fényképezőgép, a Canon 300D. Ezt követte a többi gyártó is 2004-ben, sok digitális tükörreflexes gép látott napvilágot, egyre több és több tudással, mérsékeltbb árral. A felbontásversenyben 8 megapixel lett a „szint”, az objektívek gyűjtótávolsága sok kompakt gépben 28 mm-ről indult.¹ Ma már nyugodtan állíthatjuk, hogy az analóg fototechnikát felváltották a „magapixelek”. Az, hogy napjainkban szinte minden háztartásban megtalálható a digitális fényképezőgép, két tényezőnek köszönhető: ma már alig lehet kapni 4 megapixelnél kisebb felbontású gépet. Ez a felbontás többnyire kielégíti az amatőr felhasználók igényeit, pár éve a 640*480-as felbontású képekkel nem tudtunk sok mindent kezdeni, kinyomtatásuk meg sem fordult a fejünkben. Ami talán még ennél is fontosabb, az árak is a szoros verseny következtében egyre lejjebb mentek, általában azt mondhatjuk, az idő elteltével egyre olcsóbban egyre jobb gépeket vásárolhatunk. Tény, hogy egy éve még kétszer annyit fizettünk egy digitális fényképezőgépért, mint ma (ha egyáltalán még forgalmazzák, általában már csak jobbat lehet venni ugyanúgy félárért), így nehéz rá okot találni, hogy egy, akár az iskola tulajdonában lévő digitális fényképezőgép miért is ne kerülhetne be a fizikaóra keretei közé.

Ahhoz, hogy a tanár a mindennapi munkájában a digitális fényképezőgépet rutinosan használhassa, meg kell ismerkednie kissé részletesebben a digitális géppel és a fényképkészítés folyamatával is.

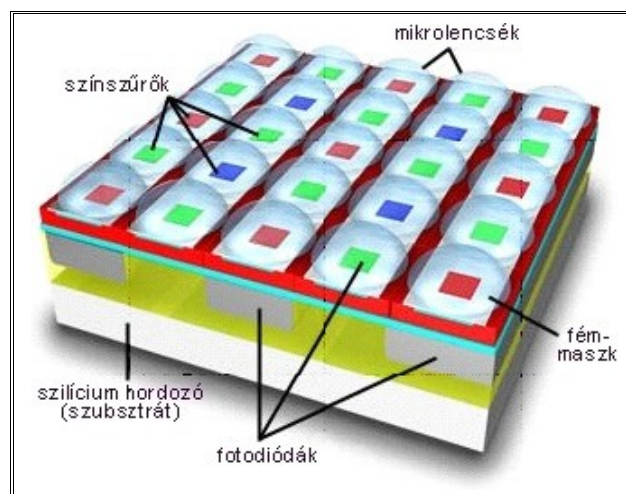
¹ Digitális Fotó Magazin

2. A digitális képkészítés folyamata

Mint ismeretes, az expozíció az a folyamat, amikor a fényt a filmre, vagy a CCD-re/CMOS-ra engedjük. Talán a kémiaórán megismerik a tanulók, hogy az analóg fényképezésnél a kép a következőképpen jött létre: a film fényérzékeny anyaga ezüst-halogenidet tartalmaz, amiből fény hatására a fényerősségtől függő mértékben kiválik az ezüst, és göcökbe összeáll. Így keletkezik a filmen egy látens kép, amelyet a fotólaborban rögzítenek és előhívják a látható (negatív) képet, amit általában nagyítanak. Az egész folyamat több órát is igénybe vehet, míg egy digitális fényképezőgépnél egy pillanat alatt látható az elkészített kép, amely akár pár percen belül ki is nyomtatható.

2.1. A CCD működése

A digitális fényképezőgépek körében a legelterjedtebb fényérzékelő típus a CCD (Charge-Coupled Device, töltéscsatolt eszköz).

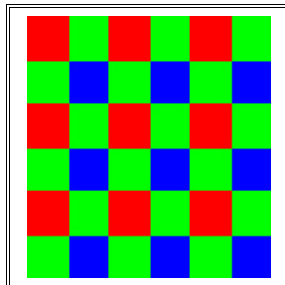


1. ábra

Érdekes módon, ahogy az Oscar Barnack által gyártott első Leica is, úgy a CCD is melléktermékként indult. A 60-as években fejlesztették ki, eredetileg memória-áramkörnek szánták, azonban véletlen kiderült, hogy kiválóan alkalmas a beeső fény érzékelésére.

A CCD egy szilíciumlapkán létrehozott komplex áramkör, egyik része maga a fényérzékeny felület, a többi a kép információinak kiolvasását és átalakítását végzi. (1. ábra) Felbontástól függően 2-8 millió, úgynevezett elemi fényérzékelő cellából, más néven képelemekből, pixelekből áll. Ezek felett mikrolencsék gyűjtik össze a fényt nagyobb területről, mint amekkora egy-egy képérzékelő cella tényleges fényérzékeny területe.

Az első lépés a beeső fény elektromos töltéssé alakítása. A beeső fény fotonjainak energiája a CCD szilícium anyagában elektronokat vált ki, amelyek száma egyenesen arányos a beeső fény erősségével. Így tehát csak a fény intenzitását méri a lapka. Jogosan merülhet fel a kérdés, hogyan lesz ebből színes kép? A CCD felett a 2. ábrán látható szerkezetű színszűrőt helyeznek el:



2. ábra

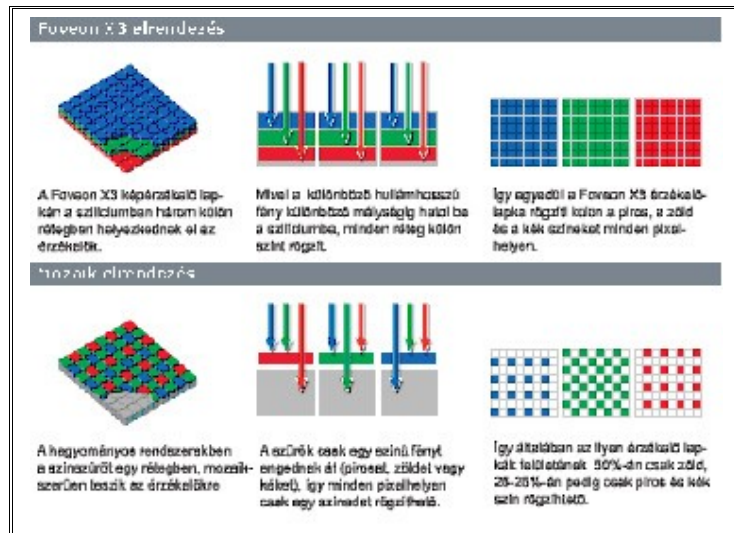
A színeket négyesével lehet csoportosítani: bal felső sarokban piros, tőle jobbra zöld, alatta ismét zöld, és végül a jobb alsó sarokban kék szín helyezkedik el. Ez az úgynevezett Bayer-szűrő. A zöld szín duplázására két indok hozható fel. Az egyik, hogy az emberi szem is sokkal érzékenyebb a zöld színre, a másik, hogy a kontraszt növelése érdekében célszerű az egyik színből két szűrőt elhelyezni. Ezt a mintázatot a Sony mérnökei továbbfejlesztették, az egyik zöldet kicserélték türkizkékre, amelytől jobb lett a lapka színhűsége.

Ha fény hatására elektronok gyűlnek össze egy pixelnél, ezeket egy potenciálgáttal lehet egy helyen tartani. Így milliónyi kis „töltéstócsa” keletkezik, mindegyikben annyi töltéssel, amennyi az adott helyen a megvilágítástól függően összegyűlt. Az egyes képpontok által összegyűjtött töltésmennyiségeket soronként ki kell szállítani a CCD szélére, ahol különböző áramkörök megméri a képpont töltését, és átalakítják a további jelfeldolgozáshoz.

2.2. A CMOS

A CMOS (complementary metal-oxid semiconductor: komplementer fém-oxid félvezető) egy igen elterjedt félvezető-technológia, amelyet képérzékelő szenzorokban is alkalmaznak. Érdekes módon ezek az érzékelők a legalsó és a legfelső gépkategóriákban találhatók meg. Gyártásuk olcsóbb, mint a CCD-é, de bizonyos problémák adódnak alkalmazásuk során. A CMOS szenzorok alapvetően különböznek a CCD lapkáktól, itt nem kell a töltéseket kiléptetni az érzékelő szélére, hanem minden egyes pixelnél külön-külön van egy kis áramkör, amely elvégzi a kiléptetést, a jelek átalakítását, és az erősítést. Mivel egyszerre zajlik az átalakítás, sokkal gyorsabban lehet kiolvasni az adatokat. A probléma csak az, hogy a lapkán lévő milliónyi kis erősítőt nem lehet tökéletesen egyformára gyártani, ezért a képeken megjelenik egy állandó mintázatú zaj. Ezt a Canon mérnökei úgy orvosolták, hogy exponálás után egy vezérlőáramkör újra kiolvasta az érzékelőt, az így kapott képen már csak a zajmintázat volt látható, ezt kivonva az eredeti képből megkaphatjuk a zajtól mentes képet.

Meg kell említeni a Foveon X3 CMOS lapkát is, ahol a piros, zöld és kék színszűrők nem egymás mellett, hanem hasonlóan a színes filmhez, egymás alatt helyezkednek el. (3. ábra) Ezzel a forradalmi technikával elkerülhető a színek interpolálása, ezáltal sokkal élesebb, szebb képet kaphatunk, mindezek mellett sajnos még csak egy-két fényképezőgépben találkozunk ezzel a technológiával.



3. ábra

Az érzékelő egyik legfontosabb jellemzője a felbontás, vagyis az, hogy mennyi pixel található a lapkán. Minél nagyobb a felbontás, annál részletgazdagabb képet kapunk. Ma már az alsó határ kb. 4 megapixelnél van, ami elegendő akár A4-es méretű képek nyomtatására is. Érdekes összehasonlítani a képméretetek közti különbséget:

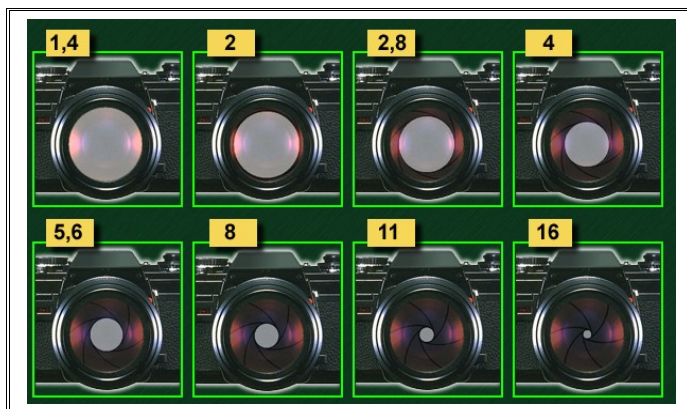


4. ábra

A továbbiakban csak a CCD-ről, mint a legelterjedtebb képérzékelőről fogunk beszélni, de természetesen ugyanazok a fényképezésre vonatkozó állítások igazak a filmre vagy a C-MOS-ra is.

2.3. Az expozíció

A filmre vagy érzékelőre engedett fény mennyiségét kétféleképpen lehet befolyásolni a helyes expozíció érdekében: a fényrekesszel és a záridővel. Az objektívben egy fémlemezekből álló, záró-nyíló lamella-rendszert találunk, aminek beállítása adja a lencserendszeren áthaladó fény mennyiségét. A szabványos rekesznyílásokat számokkal jelölik. *Ezt nevezik rekeszértéknek.* Minél nagyobb a szám, annál kisebb az objektív nyílása, vagyis annál kevesebb fény éri CCD-érzékelőt. A rekeszérték növekvő számsort takar (1.4, 2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 22), amely a nyílás felületének csökkenését jelenti, mégpedig pontosan az előző érték felére.

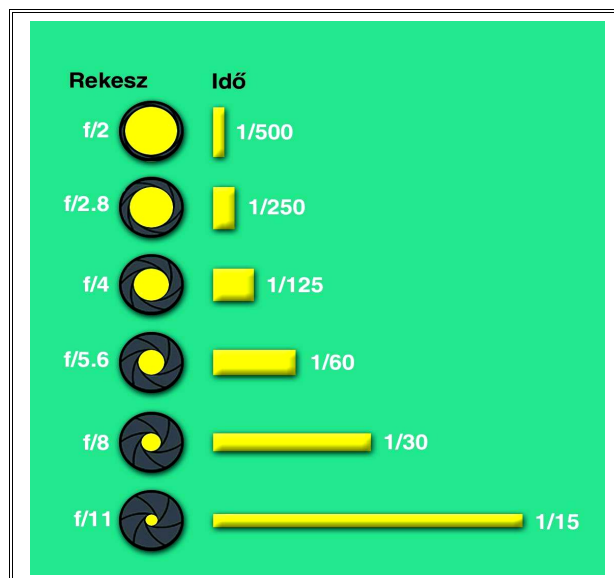


5. ábra

A rekesznyílás mellett figyelembe kell vennünk az időt is, hiszen nem mindegy, milyen hosszú ideig éri fény a CCD-érzékelőt. Hosszabb idő alatt, több fény éri az érzékelőt, ezért világosabb lesz a kép, rövidebb idő mellett természetesen sötétebb az eredmény. A digitális fényképezőgépeken is a záridővel (vagy zársebességgel) szokták

jellemezni ezt az időtartamot, amelyet másodpercben vagy annak törtrészában adnak meg ($1/2$, $1/4$, $1/8$, $1/15$, $1/30$, $1/60$, $1/125$, $1/500$, $1/1000$). Minél nagyobb a zársebesség, annál rövidebb az expozíciós idő, vagyis annál kevesebb ideig éri fény a CCD-érzékelőt.

A rekeszérték és a zársebesség együttes állításával különböző hatásokat tudunk elérni a képen (mélységélesség, bemozdulás). Minél kisebb rekeszértéket - vagyis nagyobb nyílást - választunk, annál rövidebb expozíciós idő - vagyis nagyobb zársebesség - kell az expozícióhoz. Mindez fordítva is igaz, hiszen hosszabb expozíciós időhöz elegendő egy kisebb rekesznyílás beállítása. Mivel a rekesz által nyitva hagyott felület nagysága és zársebesség egymást követő értékei kétszereződnek, ha a rekeszértéket és a zársebességet egyidejűleg, azonos mértékben, de ellenkező irányban változtatjuk, akkor is ugyanazt a megvilágítást kapjuk. Ez olyan mintha egy hordót szeretnénk feltölteni vízzel. Feltölthetjük egy vékony locsolótömlővel lassan, de feltölthetjük tűzoltófecskendővel is, pillanatok alatt. A végeredmény mindkét esetben azonos, a hordó tele lesz, vagyis a CCD-érzékelőnkre ugyanannyi fény jut.



6. ábra

A rekesznyílás és az expozíciós idő különféle kombinációi azonos megvilágítást jelentenek a CCD-érzékelő felületén.

2.4. A digitális fényképezőgépek legfontosabb jellemzői

Felbontás: megadja, hogy mennyi pixelből áll a CCD, minél nagyobb ez a szám, annál nagyobb a felbontás, annál nagyobb képeket lehet, a kép minőségének romlása nélkül kinyomtatni a képi adatokból. Az alábbi felbontások a legelterjedtebbek:

- 1 MP : 1280x960
- 2 MP : 1600x1200 (1999) 10x15 cm kép nyomtatására elég
- 3 MP : 2048x1536 (2000)
- 4 MP : 2272x1704
- 5 MP : 2560x1920

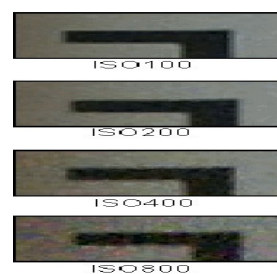
Képfarmátumok: Digitális képeinket különböző formátumú fájlkká menthetjük, ezek közül a legfontosabbak:

- JPEG (Joint Photographers Experts Group) : általánosan elterjedt tömörítés, veszteséges tömörítés, 24 bit színmélységű (alább definiáljuk)
- RAW : 42 bit színmélységű, veszteségmentes
- TIFF : szintén veszteségmentes, hatalmas méretűek, de kiváló minőségűek

Színmélység: A pixelek színét egy számadat írja le, minél több számjeggyel (bittel) definiáljuk egy képpont színét, annál több szín jelenhet meg az adott képen.

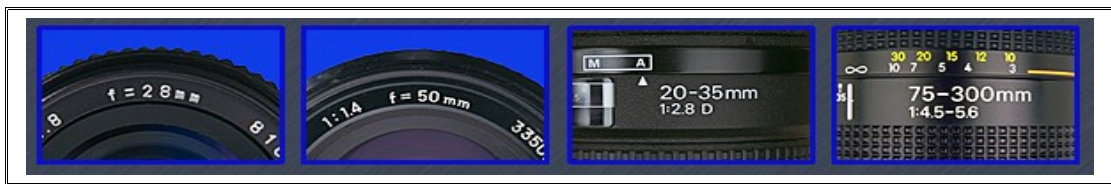
Érzékenység: A filmek egyik legfontosabb jellemzője, amely megmutatja, hogy fény hatására mennyire feketedik a film. Ma általában ISO értékekkel adják meg jellemzően 50, 100, 200, 400, 800 vagy akár ennél is nagyobb számokkal, ahol pl. egy 100-as filmhez kétszer annyi fény kell ugyanahhoz az expozícióhoz, mint egy 200-as filmhez, tehát minél érzékenyebb egy film, annál kevesebb fény szükséges a megfelelő képhez.

A digitális gépeknél a fényérzékenység a CCD érzékenységtől és az erősítés mértékétől függ. Mindkét esetben számolni kell a magasabb érzékenységeknél fellépő úgynevezett zajosodással, amelytől sok esetben jelentősen romolhat a fénykép minősége. (7. ábra)



7. ábra

Fókusz távolság: az objektív egyik jellemző adata. Domború lencsénél a lencse síkjára merőleges állású párhuzamos fénysugarak a lencse mögött, a fókuszpontban találkoznak. A lencse főtávolsága és a fókuszpont távolsága a fókusz távolság. A fényképezési objektívek bonyolult lencserendszerekből állnak, ezek egy részének fókusz távolsága változtatható, ezeket nevezzük vario-, vagy zoomobjektíveknek. A fókusz távolság változtatásával lehet elérni, hogy a fényképezni kívánt tárgy képe mekkora legyen a CCD-n. Értékét mm-ben szokás megadni, jelölése: pl. $f = 50 \text{ mm}$. A fókusz távolság lehetséges értékei az objektíveken fel vannak tüntetve. (8. ábra)



8. ábra

Látószög: a kép átlójának megfelelő szögtartomány, amit az objektív belát. Az emberi szem látásélményét visszaadó objektívek látószöge 50 fok körül van. Ezeket az objektíveket alapobjektíveknek nevezzük, fókusz távolságuk megegyezik a képátlóval, tehát kisfilmes gépeknél 45-50 mm. Az ennél rövidebb gyújtótávolságú objektívek látószöge nagyobb, ezek a nagylátószögű objektívek. A hosszabb gyújtótávolsághoz viszont kisebb látószög tartozik, így a teleobjektívek a távcsőhöz hasonlóan nagyított képet adnak.

Fényerő: az objektíven beállítható legnagyobb rekeszérték. A nagyobb fényerejű objektíven több fény megy át, így ezekkel jobban lehet kevés fényben, vagy gyors mozgásokat fotózni.

Optikai zoom: az objektívek gyújtótávolság-átfogása. Általában digitális gépeknél ez háromszoros, de vannak öt-tízszeres zoomátfogású objektívek is.

Digitális zoom: A digitális zoom azt jelenti, hogy a rendszer a CCD felületének és pixelszámának csak egy kisebb részét használja fel a kép létrehozásakor, így a képi hatás megfelel egy hosszabb gyújtótávolságú objektívnek. A digitális fényképezőgép ebből a kevesebb pixelből nyert információkból interpolálja ki a keresőben látott képet, ezáltal a kép minősége jelentős mértékben romolhat. Ugyanezt a hatást elérhetjük úgy is, ha otthon a számítógépen képszerkesztő program segítségével kivágjuk a kép közepét, majd nagyobb méretűvé interpoláljuk.

Élességállítás: a téma élesre állítása az objektívben mozgó lencsetagokkal történik, ma már minden gépben automatikusan. Lényeges szempont lehet az autofókusz (AF) sebessége, ha gyorsan mozgó témát akarunk fotózni. Van olyan szituáció, ahol az AF nem boldogul, pl. kis kontrasztú felületeknél, itt jól jön, ha az AF mód mellett megtalálható a gépen a manuális fókuszállítás (MF) funkciója is.

Közelpont: egy tetszőleges objektívnél az a legkisebb távolság, amit még élesre lehet állítani. Minél kisebb ez a távolság, annál kisebb tárgyakat tudunk lefotózni úgy, hogy a teljes képkockát lefedje. Jobb digitális gépeknél ez az érték 1-5 cm. A makro (Macro, Micro) objektívekkel az élesség nagyon közelre, általában 1:1 –es leképzési arányig beállítható. Ilyenkor a lencse akkora felületet lát, mint a film mérete. A makro objektívek speciális optikai konstrukciója kis távolságból is éles és torzításmentes képet ad. Ezért apró motívumok fényképezéséhez célszerű makro objektívet használni.

Fénymérési módok: A fénymérés történhet a képterület közepén egy kicsi foltban (ezt nevezzük spot fénymérésnek), a kép teljes területén, de a kép középső részét nagyobb súllyal tekintetbe véve (középre súlyozott mérés), vagy több egymás mellett fekvő, különböző alakú mező együttesének kiértékelésével (mátrix fénymérés).

Fehéregyensúly: A színes fényképeken ideális esetben a téma eredeti színei jelennek meg. Ehhez az szükséges, hogy a képrögzítő rendszer színérzékenysége össze legyen hangolva a megvilágító fény összetételével. Ha ez megvalósul, akkor a kép színhelyes, illetve megfelelő a színegyensúlya vagy fehéregyensúlya.

Expozíció vezérlés: Általában a következők közül lehet választani: **P, A, S, M, motívumprogramok.**

Programautomatika (P): Mind a rekeszértéket, mind a zársebességet a gép határozza meg egy gyárilag meghatározott program szerint, ezeket nem befolyásolhatjuk.

Időautomatika (rekeszprioritás, A): A rekeszértéket kézzel állíthatjuk be, a gép ehhez választ záridőt.

Rekeszautomatika (időprioritás, S): A megvilágítás ideje kézzel állítható, a gép a blendét állítja hozzá automatikusan.

Manuális mód: Mind a záridőt, mind a blende értékét kézzel állíthatjuk be.

Motívumprogramok: Adott szituációkhoz legmegfelelőbb automatikus beállítások, pl. sport, portré, éjszakai, stb...

Expozíció korrekció: Az automatikus fénymérők egyes témáknál hibás expozíciót állítanak be. Például akkor, ha a képre fényforrás kerül. Ilyenkor a felvétel fő témája túl sötét lesz. Az ilyen jellegű hibák kiküszöbölésére szolgál az expozíció korrekciója.

Ezzel a képet az automatika által beállított tónushoz képest világosítani vagy sötétíteni lehet.

Sorozatfelvétel: digitális gépeknél általában 1-3 kép/másodperc, ráadásul csak egy bizonyos darabszámig használható, felbontástól függően 2-10 képig.

Videofelvétel: Ma már szinte minden gépen megtalálható ez a funkció, felbontása 320*240 – 640*480 pixel, 10-30 kép/másodperces képfrissítéssel, természetesen hanggal együtt, vagy anélkül történhet a videorögzítés.

Vaku: Általában minden gépen van beépített vaku, ennek kulcsszáma a vaku erejét adja meg ISO 100 érzékenységű filmre nézve. Fontos tudni, hogy a vakufény ereje a távolság arányával négyzetesen csökken, így az előtérben levő dolgok nagyon világosak, míg a hátrább lévők esetleg teljesen sötétek maradnak.

A fizikaórai munkára alkalmas digitális fényképezőgépnek a következő tulajdonságokkal kell rendelkeznie:

- mindenek előtt fontos, hogy teljesen manuális expozíciós üzemmód is legyen rajta, ez általában magával vonja a többit is, tehát legyen rajta P, A, S, M mód.

- záridőt lehessen legalább 1/1000s-tól 4s-ig állítani

- intervallum-felvétel lehetőség: nem sok gépen található meg, lassú folyamatok felgyorsítására, és ezáltal látványossá tételére lehet használni. Ez azt jelenti, hogy a gép készít pl. percenként képeket egy lassú folyamatról egy-két órán keresztül, majd az így kapott állóképeket „összefűzi” egy mozgóképpé. Ezt az összefűzést más úton, számítógép segítségével is meg lehet tenni, így ez a funkció nem feltétlen szükséges a munkához, de jó, ha megvan.

- manuális fókusz, egy bizonyos kísérletnél ne legyen életlen a kép, ne „ugráljon” az autofókusz

- jó sorozatfelvételi képesség: általában nem elég az az 1-3 kép/másodperc, ami a legtöbb gépben van, de egy-két digitális fényképezőgép képes akár 10kép/másodpercre (pl. Minolta F300), vagy 30 kép/másodpercre (Nikon Coolpix 995), de ezek ritkák, vagy már ki is vonták őket a forgalomból. A sorozatfelvételt egy kis csalással a digitálisan rögzített videofájlokból is megkaphatjuk.

- jó videofelvételi képesség, ezalatt értendő, hogy a videó maximális hossza csak a memóriakártya tárhelyétől függjön, képfrissítése mindenképp legyen 30 kép/másodperc, mert majd ebből tudunk kinyerni sorozatképeket, és a videó felbontása nem árt, ha 640*480 pixeles, de a 320*240-es is használható.

- a nagy optikai zoomátfogás előny, így biztonságos távolságról lehet felvételeket készíteni, pl. elektromossággal kapcsolatos kísérleteket anélkül fényképezhetünk, hogy egy szikra tönkretenné a fényképezőgépet.

- felbontása legyen legalább 4 Mpixel, hogy szükség esetén megfelelő nagyságú papírképet is lehessen akár nyomtatni egy jelenségről

- érzékenységet manuálisan be lehessen állítani, legalább ISO 100 és 400 között

- jó makrofelvételi képesség, tehát a legkisebb élesre állítható távolság legyen 1-3 cm, hogy kis jelenségeket is lencsevégre kaphassunk

3. A digitális fényképezőgép felhasználási területei a fizikaoktatásban

3.1. Tanórai tanári demonstráció

Sok olyan kísérletet mutat be egy lelkiismeretes fizikatanár az órán, ami apró jelenségen alapul. Az iskolai tantermek, a fizikai előadók hosszúak, a nagyobb létszámú osztályokban, a hátsó sorokban ülők nehezen, vagy egyáltalán nem látják a kísérletet. Ilyenkor persze megteheti a tanár, hogy előrehívja a hátul ülőket, de még így is legtöbbször előfordul, hogy valaki nem azt látja, amit kellene.

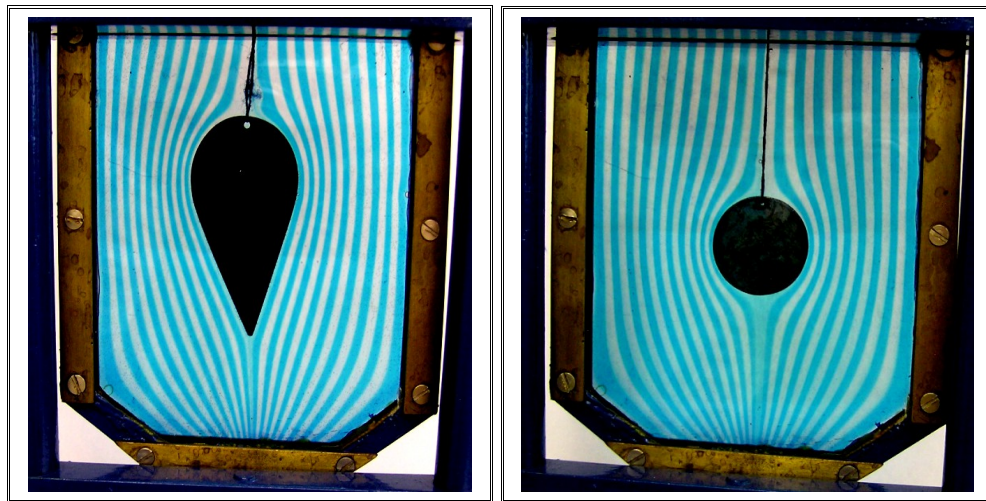
Más esetben, amikor a kísérletnél mérés is folyik, az adatokat rögzíteni kell, akkor ajánlatosabb, ha mindenki a helyén marad. Ekkor is segítségül lehet hívni a digitális fényképezőgépet. Minden gépen kell, hogy legyen video out csatlakozó, amelyen keresztül ráköthetjük a digitális fényképezőgépet TV-re, vagy projektorra, amellyel megjeleníthető az élőkép nagyított mása. Ez a technika gyakorlatilag úgy működik, mintha egy élő videofelvételt néznénk. Ha az a tárgy nagyon kicsi, amelyet látni akarunk, érdemes a gép élességállító rendszerét macro, vagy ha van rajta, akkor supermacro módra kapcsolni. Így nagyobb képméretet kapunk, fontos tehát, hogy az objektív közelpontja ne legyen több 3-8 cm-nél! Ezt a módszert természetesen nem csak fizikaórán lehet alkalmazni, hanem bármely más órán is, pl. kémiai kísérleteknél, ahol szükséges, hogy minden gyerek lásson valamit a jelenségből. A teljesség igénye nélkül lássunk néhány példát néhány viszonylag kis méretű eszközzel elvezethető kísérletről:

3.1.1. Pohl-féle áramlási készülék

Ezzel a berendezéssel az áramvonalakat mutathatjuk meg a diákoknak. A Pohl-féle készülék egy körülbelül tízszer tíz centiméteres üvegküvetéből áll, ahol az üveglemezek távolsága 1 mm. Fent két tartály helyezkedik el, az egyikbe tiszta, a másikba színezett folyadékot töltünk, és a tartályok alján található lyuksor segítségével

rajzolódnak ki az áramlási vonalak. A kísérlet során megfigyelhető, hogy az egyes áramfonalakkból a folyadék oldalirányba nem lép ki, a szűkületekben az áramlási vonalak keveredés nélkül sűrűsödnek.

A készülék, és a benne láthatóvá tett áramvonalak méretei megkívánják, hogy kinagyítva kikerüljenek pl. egy TV képernyőjére kísérletezés közben, mert különben csak az első sorokban ülők láthatnák. (9. ábra)



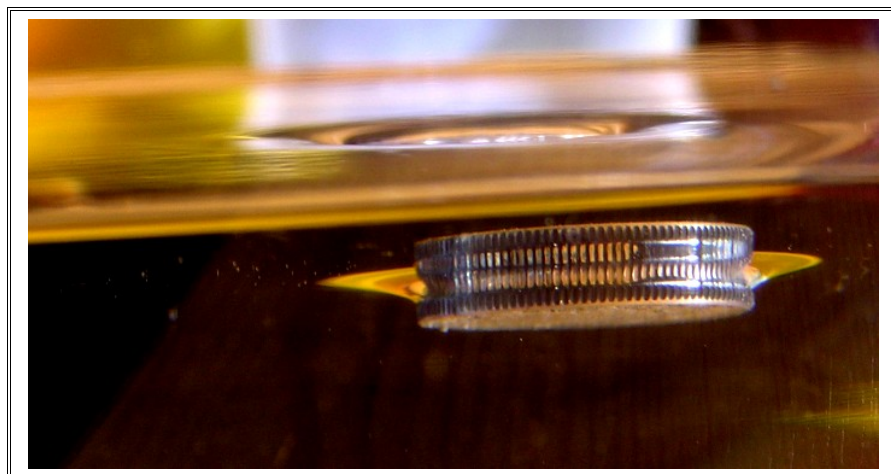
9. ábra

3.1.2. Pénzdarab úszása víz tetején

A vízfelület benyomódását optikai módszerrel gyönyörűen meg lehet mutatni úgy, ha a pénzérmét felülről kamerázzuk. Ha a vízzel teli átlátszó edény alá olyan fadeszkát rakunk, melynek rostjai jól látszanak, akkor látható, hogy az érme körül a párhuzamos rostok begömbülnek (10. ábra). A másik lehetőség, ha úgy vetítjük ki a képet, hogy a digitális fényképezőgép objektívje a víz szintjével egy síkban van, ekkor a fénytörés miatt szerencsés esetben látjuk az érmét fentről is és alulról is. (11. ábra)



10. ábra



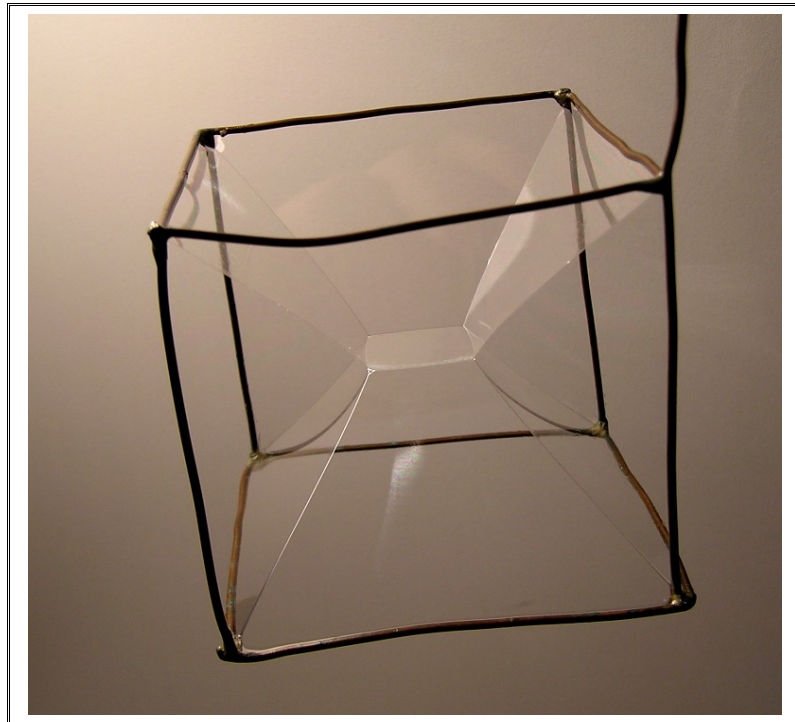
11. ábra

A 11. ábra értelmezése külön feladatnak is feladható, ha a jelenség bemutatását optikai előtanulmányok megelőzik.

3.1.3. Minimálfelületek

A szappanhártyás kísérleteknél meghatározott alakú keretekre feszített szappanhártyák esetén a felületi feszültség a folyadékhártyát minél kisebbre húzza össze, ugyanis az összfelület felületi energiája ekkor lesz a legkisebb. Igazán érdekes felületek különböző alakú térbeli drótkereteken alakulnak ki, amelyek mérete azonban

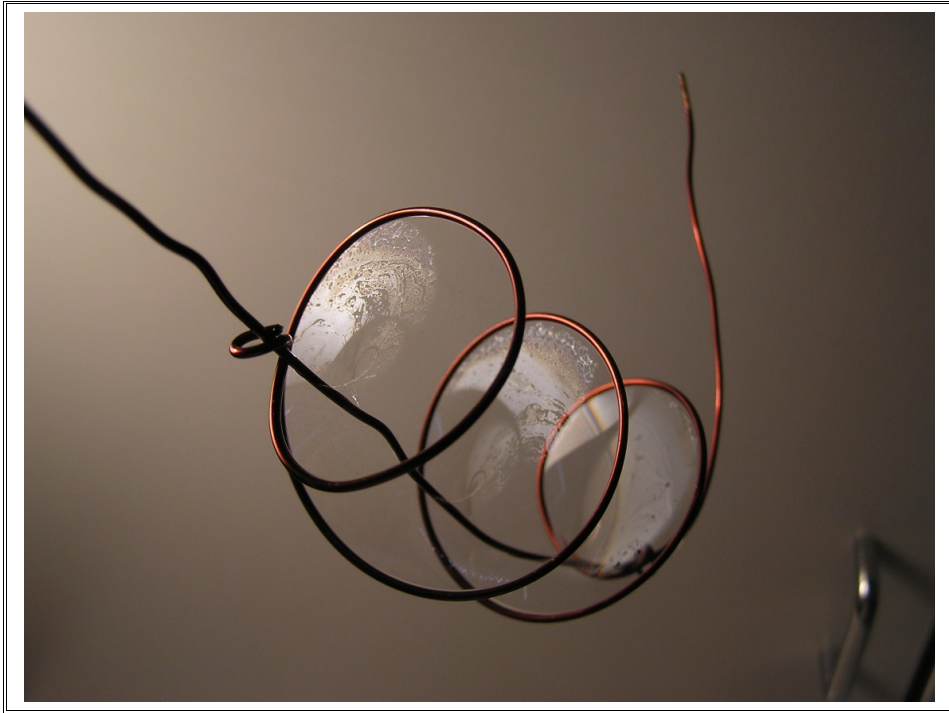
nem lehet tetszőlegesen nagy. A régi módszer szerint írásvetítő segítségével kétdimenzióban megjelenítve vetítettek ki részleteket, amelyeket egy háromdimenziós jelenségből lehetett. A digitális fényképezőgép új lehetőségeket nyit, a valódi háromdimenziós jelenség látható közelről nagy méretben. (12-14. ábrák)



12. ábra



13. ábra



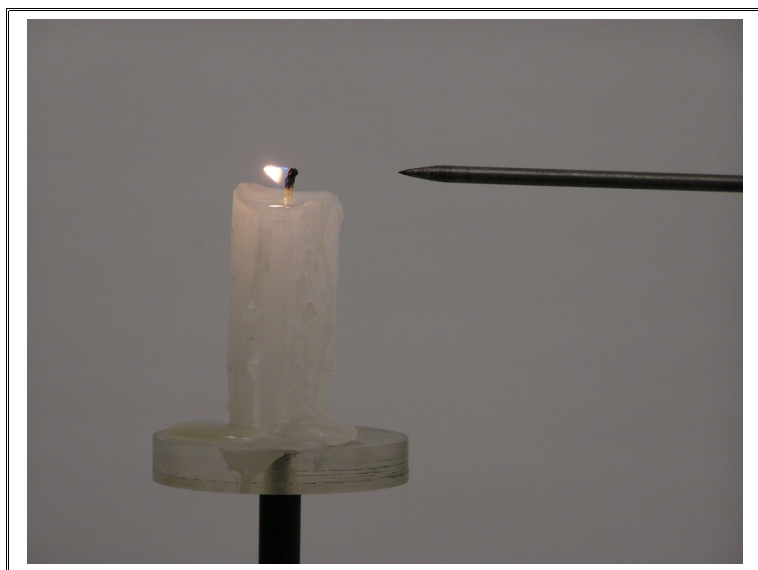
14. ábra

A szappanhártyákon látható színes csíkrendszer kapcsán a vékonyréteg interferenciára is felhívhatjuk a figyelmet.

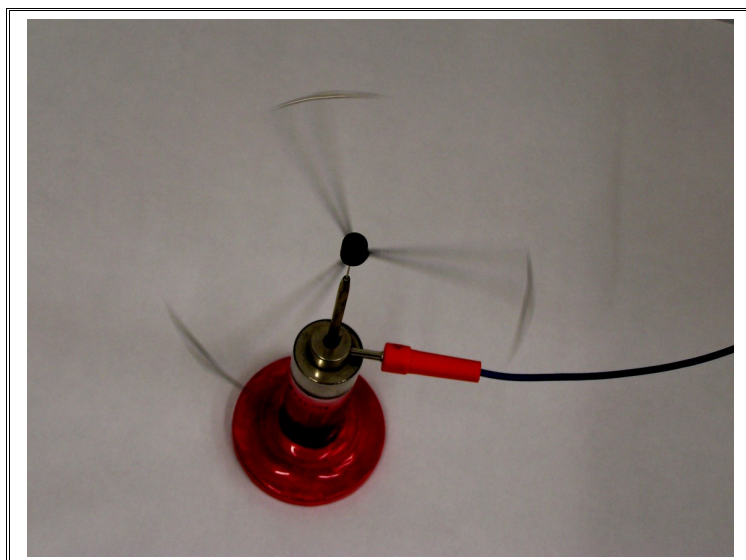
3.1.4. Csúcs hatás

Ha egy csúccsal rendelkező vezetőt kellő mértékben feltöltünk, akkor a csúcstól elirányuló légáram fog kialakulni, amit a következőképpen magyarázhatunk:

A csúcsnál kialakuló nagy térerősség a levegő molekuláit dipólussá változtatja, magához vonzza, majd mivel ezután a csúcs töltésével azonos töltésűvé váltak, azokat eltaszítja. Az így keletkezett elektromos szél képes arra, hogy akár elfújjon egy gyertyát (15. ábra), vagy hogy forgásba hozza az úgynevezett Segner-kereket. (16. ábra)



15. ábra



16. ábra

A mozgás érzékeltetése miatt a 16. ábra viszonylag nagy zársebességgel készült, természetesen a fenti képek csak illusztrációk, a kísérleteket a gyerekek folyamatosan figyelemmel kísérhetik a TV képernyőjén, vagy a projektor által kivetített képen.

3.2. Kísérletek részleteinek táblára történő vetítése

Azoknál a kísérleteknél, ahol a kísérleti berendezéshez nem fér oda a mérőeszköz, vagy ha túl komplikált lenne a mérőeszköz használata, ott esetleg segíthet nekünk az alábbi módszer:

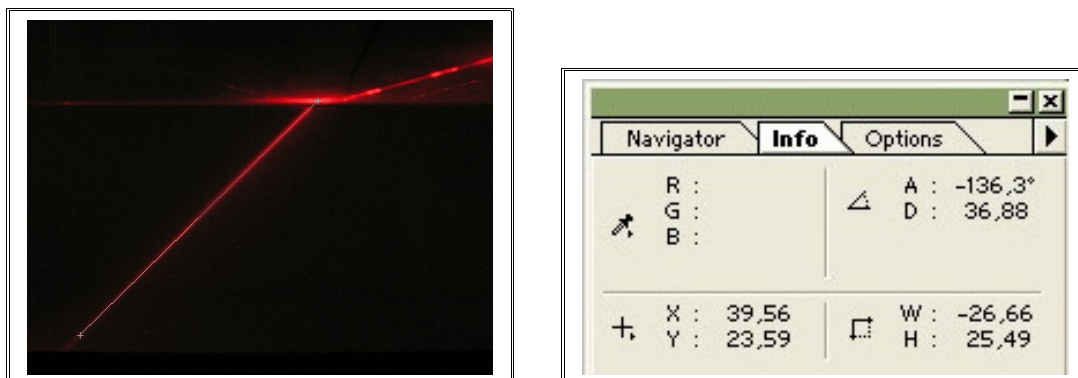
Digitális fényképezőgéppel ugyanúgy, mint demonstráláskor vegyük fel a kísérletet, majd a felvett anyagot vetítsük ki projektor segítségével egy táblára. Az itt látható kép már tetszés szerint elemezhető. Lássunk erre két példát:

3.2.1. Törésmutató mérése

Üvegkádát félig töltünk meg fluoreszcenciával színezett vízzel, majd a víz fölé fűjünk cigarettafüstöt, és a kádat fedjük le egy üveglappal. Ferdén világítsuk meg felülről a kádat lézer fénysugárral. A fény útja így a vízfelszín mindkét oldalán látszódik. A fénysugár víz feletti és víz alatti részének a függőlegessel bezárt szöge ismeretében, akkor kiszámolhatnánk a víz levegőre vonatkoztatott törésmutatója az $n = \sin(\alpha)/\sin(\beta)$ képlet segítségével kiszámítható. Szögmérőt a kád mellett tartva az adatok leolvashatók ugyan, de ez így meglehetősen pontatlan eredmény hozna. Sokkal kényelmesebben és pontosabban mérhetünk, ha a kád vizet a lézer fényével együtt kivetítjük a táblára úgy, hogy a víz szintje a táblán egy vízszintes egyenes legyen. Jó nagy ábrát kaphatunk, és a táblán táblai vonalzóval behúzhatjuk a fénysugarak egyes részeit, így már könnyen és gyorsan meghatározhatjuk a bezárt szögeket.

Egy másik módszerrel talán minden eddiginél pontosabban megmérhetjük a fénysugarak vízszintessel bezárt szögeit. Fényképezzük le a kádat a fénysugarakkal úgy, hogy a víz szintje a képen egy vízszintes egyenes legyen. Nyissuk meg a képet az Adobe Photoshop programmal! Itt be kell állítani, hogy látszódjon az információs ablak. (Window / Show Info) Ezek után válasszuk ki a vonalzó-eszközt, aminek az

ikonja itt látható:  . Ha a vonalzót a fénysugár útjára illesztjük, az információs ablakban megjelenik annak vízszintessel bezárt szöge tizedfokos pontossággal. (17. ábra)



17. ábra

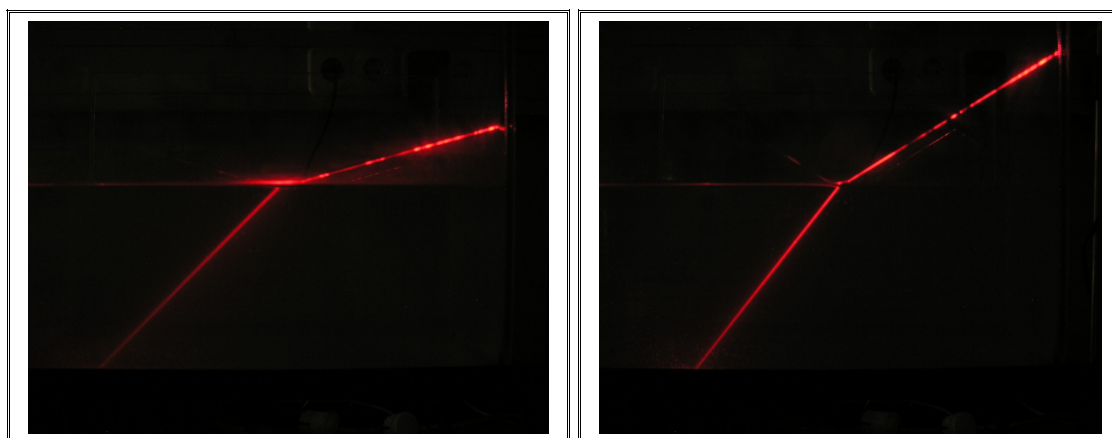
Nem szabad elfelejteni, hogy nekünk a függőlegessel bezárt szögekre lesz szükségünk, tehát a kapott értékeket ki kell vonni 90 fokból.

Az első képen a beesési szög: $\alpha = 75,2^\circ$ a törési szög: $\beta = 46,5^\circ$

a második képen $\alpha = 60,9^\circ$ $\beta = 40,8^\circ$

Megkapható: $n = 1,33$

A két mérés által kapott törésmutató értékek 0,4%-os pontossággal megegyeztek.



18. ábra

Természetesen az összes műveletet fizikaóra közben kivetíthetjük, így a diákok látják a módszer összes lépését, ezáltal akár házi feladatként otthon is el tudják végezni a méréseket, ha rendelkeznek digitális fényképezőgéppel, valamint számítógéppel.

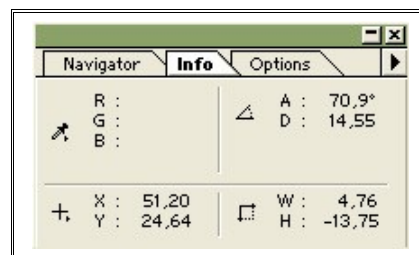
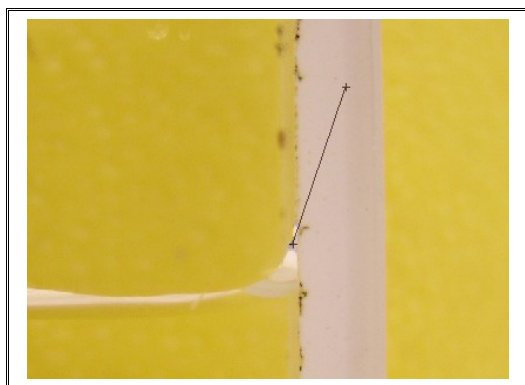
3.2.2. Felületi feszültség mérése a kapilláris emelkedésből

Egy folyadék felszíne az edény falának közelében nem sík, hanem nedvesítő folyadékok esetén homorú, nem nedvesítő folyadékok esetén domború. A nedvesítés, illetve nem nedvesítés az illeszkedési szöggel jellemezhető. A buborékképzésre nem hajlamos oldatok felületi feszültsége a kapilláris emelkedésből az

$$\sigma = \frac{gR}{2 \cos \theta} \rho h$$

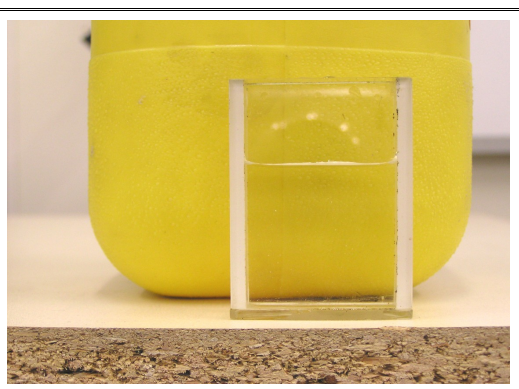
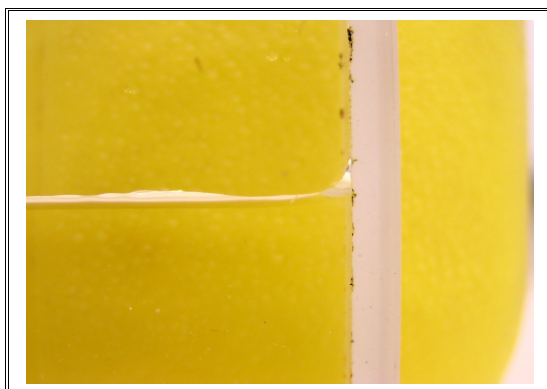
összefüggéssel határozható meg. A mérés nehézsége eddig a θ illeszkedési szög becslése volt.

A mérést félig megtöltött üvegküvetttával érdemes végezni, hogy a „hengerlencse”-hatást elkerüljük. Ha elég jó „makroképességekkel” (közelre lehet beállítani az élességet) rendelkezik a digitális fényképezőgépünk, akkor megfelelő mértékben kinagyíthatjuk a nedvesítő folyadék edény falához közeli részét. Ezt a fent már említett módszerekkel vagy kivetítjük a táblára, vagy Photoshopban vonalzó segítségével mérjük meg a felülethez húzott érintőnek és az edény falának bezárt szögét. Az első képen használható mérésre, az illeszkedési szögre a $\theta = 19^\circ$ adódott. (19. ábra)



19. ábra

Ha az illeszkedési szöget megkaptuk, a folyadékot kapillárisba öntve, a folyadékoszlop magasságából a felületi feszültség könnyen kiszámolható.



20. ábra

Látható tehát, hogy a digitális fényképezőgép használatával az illeszkedési szög mérése könnyen megoldható, e nélkül a módszer nélkül azonban csak becslésre kényszerülnénk.

3.3. Mozgó test sebességének becslése elmosódottság segítségével

Mozgó tárgyakat fényképezve amatőr fotós gyakran esik abba a hibába, hogy a képen a tárgy bemozdul, így életlen lesz. A bemozdulás mértéke éppen azt adja meg,

hogyan a tárgy az expozíciós idő alatt mennyit mozdult el, ezáltal könnyen meghatározható a test sebessége: $v=s/t$, ahol az s a test által megtett út az adott t expozíciós idő alatt.

Ennél a látszólag egyszerű alkalmazásnál is azért oda kell figyelni egy-két dologra: ahhoz, hogy meg tudjuk mondani a megtett utat, kell, hogy legyen egy olyan távolság a képen, aminek tudjuk a valódi hosszát. Ha pl. a tárgy egy golyó, akkor mérjük meg a golyó átmérőjét. Így már tudunk mihez viszonyítani, a bemozdulás arányossággal könnyedén meghatározható.

Az elkészült képeket vizsgálhatjuk akár számítógép monitorán is, egyszerűen vonalzót használva, de osztály előtt jobb, ha a képet projektorral táblára vetítjük. Ott fel lehet rajzolni a táblára a távolságokat, ezért pontosabb mérésre van lehetőség. Arra kell még figyelni, hogy az elmosódott kép legyen jól látható, minél kisebb a záridő, annál jobban, kontrasztosabban, de annál kisebb méretűnek lehet látni az elmosódást. Ha nagy a záridő, akkor a test nagyobb utat tesz meg, de a bemozdulás halványabb lesz. Egy-két próbálkozás után meg lehet találni a megfelelő sebességhez az optimális záridőt. Sötét háttér előtt világos tárggyal érdemes próbálkozni, a kép így a leglátványosabb. Lássunk egy példát:

3.3.1. Meglökött érme sebessége



21. ábra

Az ábrán látható elmosódott terület átmérője (legnagyobb mérete) és a pénzérme átmérője közötti arányt 30/23-nak mértem. Ezek szerint 7/23 százforintos-átmérőnyi utat tett meg az érme az expozíciós idő alatt. Az érme valódi átmérője körülbelül 23 mm, ezért a pénzérme útja éppen 7 mm. Mivel ezt a képet egy 15 fps (frame/secundum) képfrissítésű videóból nyertük ki, az expozíciós idő 1/15 másodperc. Ezek után az érme sebességére ($v = s / t$) körülbelül 1,05 cm/s adódott.

3.4. Lassú folyamatok felgyorsítása

Lassú folyamatokat követhetővé tehetünk a következő módszerrel. Fényképezzük le adott időintervallumonként, például félpercenként a folyamatot, majd a képeket gyorsítva vetítjük le. A hatás olyan, mintha egy filmet néznénk. Ezt a műveletet könnyen megtehetjük a digitális fényképezőgép és számítógép segítségével. A képeket mozgóképpé a következő módon az Adobe Premier programmal tudjuk összefűzni:

1. Készítsünk pl. 10 másodpercenként képeket egy lassú jelenségről
2. Indítsuk el az Adobe Premier programot, hozzunk létre egy új projektet (New Projekt), adjunk neki valamilyen nevet, pl. video01
3. A Szerkesztés/Beállítások/Állókép menüpontra rákattintva (Edit/Preferences/Still Images), állítsuk be az alapértelmezett időtartamot pl. 1 kockára. Ez azt jelenti, hogy a videó vetítésekor minden kép egy videó-képkockányi ideig lesz vetítve, amely alapértelmezésben 1/25 másodperc. Később, ha túl gyorsnak találjuk a levetített videót, be lehet állítani, hogy egy kép 2 vagy 3 videó-képkockányi időtartamig legyen vetítve, így kétszer vagy háromszor olyan lassú felvételt kapunk.
4. A File menü Import parancsával emeljük be a képeket a projektbe
5. A Projekt ablakban alul az Automate to Sequence gombbal a képeket rakjuk a Timeline-ra

6. A File/Export menüponttal mentjük ki a képekből készített avi fájlt egy tetszőleges helyre, és már kész is a videó

Az így kapott videofelvétel tehát, ha 20 másodpercenként fotóztunk, és egy képet 1/25 másodpercig vetít, akkor a folyamatot 500-szorosra gyorsítja fel, de a gyorsítás tetszés szerint változtatható.

A módszer különösen jól alkalmazható a kristálynövekedés tanulmányozásakor. Néhány esetben túltelített oldatból mikroszkóp alatt szabad szemmel is követhetők a kristályosodás fázisai (pl. NH_4Cl dendrites növekedés), de ez csak egyedi tanulmányozásra alkalmas módszer.

3.4.1. „Ólomfa” növesztése

A kémiaiilag tiszta folyadékok általában rossz vezetők. A tiszta víz különösen a rossz vezető, ha két fémlemezt teszünk desztillált vízbe, ezeket árammérőn át akár néhány száz voltos áramforráshoz kapcsoljuk, a műszer igen gyenge áramot jelez. Az áram cukor, vagy glicerín feloldásakor szinte változatlan marad, viszont az ionkristályos konyhasóból már kis mennyiség feloldása után is jó vezetés észlelhető, ezzel egyidejűleg a folyadékban, és a fémlemezek határán kémiai változások mutatkoznak.

A töltéshordozókat (ionokat) tartalmazó oldatokat, *elektrolitoknak* nevezzük. Elektrolitok a savak, sók bázisok vizes oldatai, több más folyadékkal képezett oldatai, továbbá kevés kivétellel az olvasztott és a szilárd állapotú sók.

Az áram be- és kivezetésére szolgáló két fémes vezető, vagy két *elektród* közül az, amelyik az áramforrás pozitív sarkával van összekötve, vagyis amelyen át az áram az elektrolitba belép, az *anód*, a negatív elektród a *katód*. Az elektrolízisnél a legfeltűnőbb jelenség az elektródokon való anyagkiválás.²

Ha ólom-acetát vizes oldatát ólomelektródák között elektrolizáljuk, akkor a katódon ólom válik ki dendrites szerkezetű kristályok alakjában. Az így keletkezett képződményt „ólomfa” névvel szokták illetni. Minél kisebb árammal elektrolizálunk, a

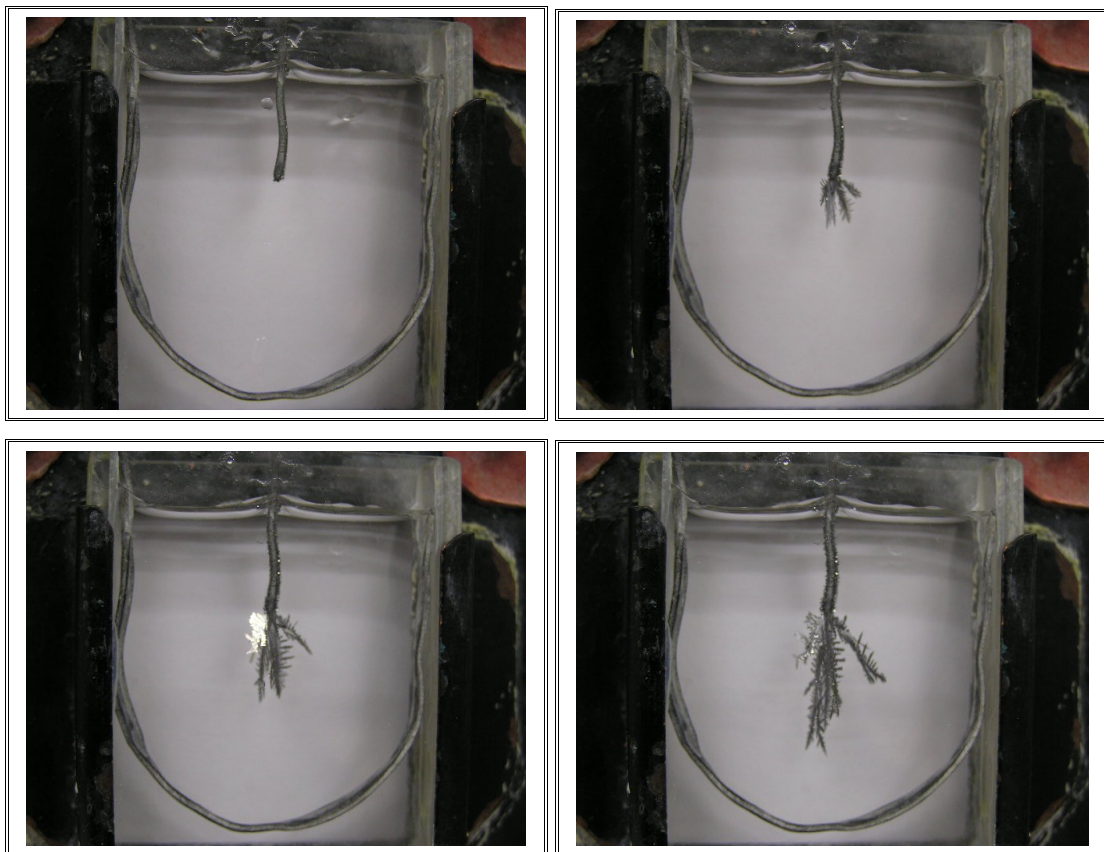
² Budó Ágoston: Kísérleti Fizika II. 151-152. o.

folyamat annál lassúbb ugyan, de a végeredmény sokkal szebb lesz, annál szebb „ágakba” állnak össze az ólomkristályok.

Azt az ólomfát, amelyet alább majd képeken láthatunk, 53 percig növesztettem végtelen türelemmel. Ha magát a folyamatot „mozgásában” is vizsgálni akarjuk, akkor érdemes viszonylag kis időközönként készíteni a képeket a növekvő ólomfáról, hiszen később a belőle készítendő videóhoz, minden másodikat is használhatjuk, ha a folyamatot esetleg még összefűzve is lassúnak találjuk. A jelenségről összesen 370 kép készült, a képek felbontása 640*480, ami általában elegendő egy videóhoz. Azt is szem előtt kell tartani, hogy ilyen sok kép csak kis felbontásban fér el egy átlagos memóriakártyán.

Az ólomfáról készített videók a mellékelt CD-n megtekinthetők.

Az alábbiakban a jelenség különböző fázisait négy képen mutatjuk be:



22. ábra

Ólomfa növesztésekor a fotózásnál az alábbiakra érdemes odafigyelni:

- mindenképpen kell egy masszív állvány, amire a digitális fényképezőgépet erősítjük, azért, hogy az ólomfa környezete a videón mozdulatlan maradjon a hosszú ideig tartó folyamat alatt,
- mivel a jelenség nem túl nagy, próbáljuk úgy beállítani a fényképezőgépünket, hogy a körülményekhez képest a lehető legjobban beleférjen a képbe az ólomfa, illetve az egész üvegküvetta. Érdeemes macro módba kapcsolni az élességállítást, supermacroba is lehet, de túl közel nem lehet menni a küvettához (1-3 cm), mert az objektív leárnyékolná a jelenséget,
- a felvételekészítés elején állítsuk be az élességet manuálisan, ez tehát fix marad, már csak arra kell vigyázni, hogy a kamera az állvánnyal együtt ne mozduljon el,
- ha úgy döntünk, hogy például 10 másodpercenként készítünk képeket, figyeljünk oda, hogy ebbe bele kell számolni a digitális fényképezőgép kioldási késedelmét is, ami alaphelyzetben lehet egy-két másodperc is. Amíg a gép visszaáll az alaphelyzetbe, akár három másodperc is eltelhet,
- érdemes távkioldót, vagy távirányítót használni az exponáláshoz, így nem kell minden egyes expozíció előtt vigyázni arra, hogy ne mozduljon el a fényképezőgép.

A kapott képeket ezek után az Adobe Premier program segítségével összefűzzük az előzőekben ismertetett módon. Két esetben nem lehetünk elégedettek a videóval:

Ha gyors, állítsuk be a Premierben, hogy minden egyes fényképet ne egy, hanem kettő, vagy három videó-képkockányi ideig vetítse.

Ha lassú a videónk, válasszuk ki minden második, vagy harmadik fényképet, és ezeket fűzzük össze egy új videófájlá.

Ez a módszer alkalmazható még például a fizikaoktatáson belül, mint már említettem, más kristálynövekedés felgyorsítására is, de ilyen technikával a mindennapi életben előforduló lassú jelenségek is felgyorsíthatók, pl. virág nyílása, vagy felhők vonulása.

3.5. Stroboszkópos felvételek sorozatképek segítségével

Digitális fényképezőgéppel lehetőség nyílik olyan képek készítésére is, amelyeket egy stroboszkóppal készítettek. A kép elkészítése ráadásul viszonylag kevés időt vesz igénybe, így az egész folyamat felvétele belefér egy fizikaórába, lehet a fizikai kísérlet része.

Analóg fotográfiában a stroboképes felvételhez szükséges egy olyan rendszervaku, amit a fényképezőgépre csatlakoztatva, képes rövid idő alatt sok egymás utáni villantásra. Az ilyen jelenségek fényképezéséhez a fényképezőgépen legalább 2 másodperces záridőre van szükség, de még jobb, ha van rajta ún. B idő. Ez azt jelenti, hogy a zár addig van nyitva, amíg az exponálógombot nyomva tartjuk.

A felvétel a következőképpen valósul meg: a fényképezőgép zárja kinyílik, előtte a mozgó világos tárgy stroboszkóp által megvilágított pillanatnyi helyzetei jelennek meg a filmkockán. A sikeres felvételhez a háttérnek sokkal sötétebbnek kell lenni, mint a fényképezni kívánt tárgy. Ha például az exponálás alatt 50-szer villantunk, akkor - mivel a háttér mozdulatlan maradt -, képe a mozgó tárgy képéhez képest 50-szeres expozícióval jelentkezik a felvételen.

3.5.1. A „stroboszkópos” módszerrel szemben felmerülő nehézségek

1. egy olyan tudású rendszervaku, amely képes ilyen stroboszkopikus villantásokra, elég drága. Másik lehetőség, ha van a fizikaszertárban stroboszkóp, akkor az is pótolhatja a rendszervakut, de ez nem mindenütt található meg.
2. Ha ezzel a technikával dolgozunk, a fizikaórán elkészített felvételt még elő kell hivatni, nagyíttatni. Előfordulhat, hogy a fotózást sokszor kell

megismételni. A képeket kiértékelni, elemezni leghamarabb csak a következő órán lehet.

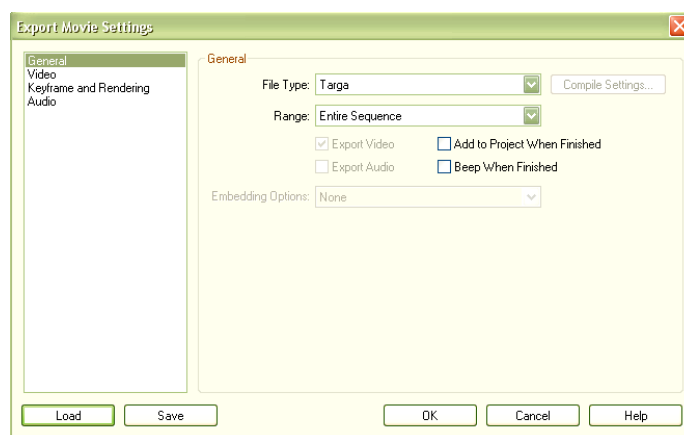
3. A háttér és a téma jó elkülönülése érdekében a felvételeket majdnem teljes sötétségben kell készíteni.

Láthatjuk tehát, hogy a stroboképek elkészítése ebben a formában nem a fizikaórára valók, hiszen a gyerekek nem láthatják rögtön az eredményt. Abban az esetben, ha a fizikatanár az analóg módszerrel készít stroboképeket, javaslom, hogy tanórán kívül fotózzon, és a kész képeket vigye be a gyerekeknek elemzésre. A digitális fényképezőgép segít ezen a nehézségen.

Minden digitális fényképezőgépen van sorozatfelvétel funkció. Ha sorozatképeket készítenénk egy mozgó tárgyról, akkor a kapott felvételekből képszerkesztő program segítségével ugyanolyan képeket kaphatunk, mintha stroboszkóppal dolgoztunk volna. A gond csak az, hogy a legtöbb gép maximum 3 képet tud készíteni egy másodperc alatt. Ez bizony nem elég, ha egy nem túl lassú, mozgó tárgyat akarunk vizsgálni.

A kivitelezéshez más ötlet kell. Ma már minden digitális fényképezőgépen van videorögzítési funkció. Ezek képfrissítése 15 és 30 kép/másodperc között van. Ha tehát ki tudnánk nyerni a mozgóképből a képkockákat, akkor ugyanazt az eredményt kapnánk, mintha 30 kép/másodperces sorozatfelvételt tudna készíteni a fényképezőgépünk. Itt is az Adobe Premier programot használjuk arra, hogy a videóból kisedjük a képeket.

A File menüben az Import paranccsal emeljük be a videót a projektbe, ezután rögtön exportáljuk is ki, csak nem mozgóképként, hanem külön képekként. Az exportálás beállításainál meg kell adni a fájl típust, amit célszerű Targa formátumban megadni, ami a későbbi feldolgozáshoz tökéletes lesz. Be kell még állítani, hogy a video mely részét akarjuk képekké alakítani, itt értelemszerűen az egész video hosszát jelöljük ki (entire sequence).



23. ábra

A videóból így kinyert képekből, mint sorozatképekből, össze kell szerkeszteni egy stroboképet. Erre az Adobe Photoshop programot használhatjuk. Ehhez a File menüben hozzunk létre egy új üres képet, aminek a felbontását állítsuk be úgy, hogy megegyezzen a sorozatképek felbontásával (320*240, vagy 640*480 legyen). Ezután nyissuk meg az első olyan képet, amin a mozgó tárgy a kiindulási helyzetben van. A felvételkor fontos volt, hogy valamilyen homogén háttér legyen a tárgy mögött, és jól elkülönüljön annak színétől. Ha ezt sikerült elérnünk, akkor a *varázspálca* segítségével jelöljük ki a háttérrel (ezt általában könnyebben ki tudja jelölni a gép). Ha nem sikerül tökéletesen kijelölni, a *shift* gomb lenyomásával tovább finomíthatjuk a kijelölt területet. Amennyiben megtörtént a háttér kijelölése, nyomjunk a *Select* menüben egy inverz kijelölést, és máris célhoz értünk. Ezt a *Copy – Paste* kombinációval tegyük az először megnyitott üres képre.

Csukjuk be az első sorozatképet, majd ugyanezeket a műveleteket végezzük el azokon a képeken, amelyeket a videófájlból nyertünk, ezzel a művelettel megjelenik a mozgó tárgy „stroboképes” felvétele.

Előfordulhat, hogy az egyes felvételekből kivágott képelemek a stroboképen nem a megfelelő helyre kerülnek. Ekkor alkalmazhatunk egy másik módszert is, ami kissé bonyolultabb, de a végeredményként garantáltan megfelelő képeket kapuk.

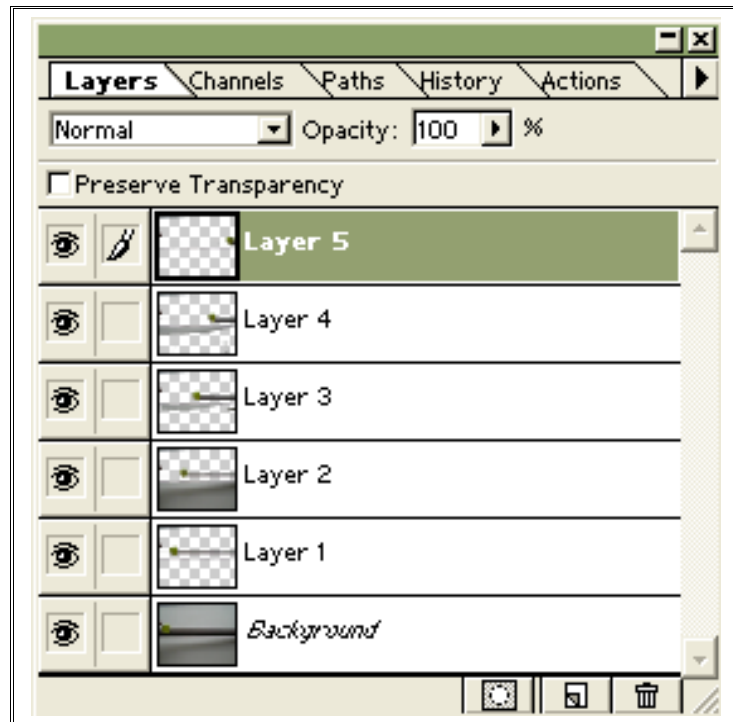
Nyissuk meg az első képet, amit a stroboképhez szeretnénk felhasználni. Hozzunk létre egy új réteget (Layer/New). Nyissuk meg a következő képet, majd az egészet másoljuk rá erre az új rétegre, amely az első kép felett van. Varázspálca segítségével jelöljük ki a mozgó tárgy képén kívüli részeket, és vágjuk ki. Ha jól

csináltuk, az eredeti kép feletti rétegen csak a mozgó tárgy képe marad. Ezek után hozzunk létre még új rétegeket, mindegyikre egyesével másoljuk be az új képeket, vágjuk ki a rétegekből azokat a részeket, amelyekre nincs szükség, és a végén megkapjuk a mozgó tárgy stroboképét.



24. ábra

A 24. ábrán látható első két felvételtől készítettük a harmadikat úgy, hogy a második kép az első feletti rétegen van. Jól látható, hogy nem feltétlen szükséges, hogy csak a mozgó tárgy képe maradjon a második képen, az a lényeg, hogy végül a mozgó tárgy mindkét felvételen található képe rajta legyen a végső „stroboképen”. A Photoshopban be lehet állítani, hogy jobb oldalon egy kis ablakban megjelenjenek a Layerek egy kis információs ablakban. Itt külön-külön megfigyelhetjük, mi került egy-egy rétegre, sőt a rétegek melletti kis szem alakú ikonra kattintva eltüntethetjük/megjeleníthetjük a rétegeket. Ezáltal lehetőség nyílik arra is, hogy ha például túl sűrűn helyezkednek el a mozgó tárgy képei, minden második réteget kikapcsolva megritkíthatjuk azt.



25. ábra

Ennek az eljárásnak az analóg eljárással szembeni előnye, hogy nem kell teljes sötét hozzá, 5-10 perc alatt kivitelezhető, és rögtön lehet ellenőrizni a felvétel sikerességét. Ideális egy teljes osztály előtti jelenségbemutatásra, természetesen a fenti műveleteket a tanárnak rutinszerűen kell ismerni.

3.5.2. Néhány dolog, amire érdemes odafigyelni a fotózás alatt

- a záridőnek minél kisebbnek kell lennie a kicsi bemozdulás/elmosódás miatt (sebességfüggő)
- nagy fényerő szükséges
- fehér háttér, sötét tárgyak alkalmazása, vagy fordítva
- nem is biztos, hogy szükség van minden képre, lehet, hogy csak minden másodikat, ill. harmadikat érdemes választani, vagy a rétegekben megjeleníteni (15 kép/sec, 10 kép/sec)

- más gépeknél: Minolták: 10 – 11 kép/sec sorozatfelvételre képesek 1280*960 felbontásban, ami elég lehet sok kísérlethez, Nikon Coolpix 995: 30 kép/sec
- általában: 1,5-3 kép/sec NEM ELÉG! mozgóképből kell kinyerni a képeket, ugyanis ma már általános a 640*480-as felbontású videófunkció a digitális fényképezőgépeken (ajánlott 320*240 helyett) 30 kép/sec-os képfrissítéssel (mov, vagy mpeg4)
- minél jobb felbontású, minél kisebb tömörítésű a videónk, annál szebb képeket tudunk kinyerni belőle, ami azért fontos, mert minél kevesebb a tömörítésből adódó zaj, annál könnyebben tudjuk a varázspálcát használni a téma kijelöléséhez. Érdeemes erre odafigyelni, mert az egész műveletben a legtöbb időt a megfelelő kijelölés szokta elvenni.
- végül: strobokép kiértékelése a szokásos módon.

3.5.3. A stroboszkópos felvételek kiértékelése

A stroboszkópos képről a mozgó test három függvénye határozható meg: a hely-idő, sebesség-idő, és a gyorsulás-idő függvény.

Ha a stroboképet táblára kivetítjük, legegyszerűbben a hely-idő függvényt kaphatjuk meg, amely nem más, mint egy tetszőleges pontból felvett vektorsereg, amelyek végpontjai a mozgó test egy meghatározott pontjához (pl. a test geometriai középpontjához) illeszkedik. Ahhoz, hogy a helyadatokat megkapjuk, figyelembe kell venni, hogy a táblán berajzolt távolságok egyenesen arányosak a valóságban megtett távolságokkal, az arányossági tényezőt könnyen ki lehet számítani, ha megmérjük a mozgó test eredeti átmérőjét, valamint a táblára kivetített képén az átmérőjét.

A sebesség-idő függvényt is könnyedén meg lehet határozni, ugyanis a mozgó test átlagsebessége arányos a fotón két egymást követő képének elmozdulás vektorával. Az elmozdulás vektor nagysága kiszámolható az imént említett arányosság

meghatározásával. Az elmozduláshoz szükséges idő pedig, ha 30 kép/másodperces volt a videónk képfrissítése, akkor $1/30$ másodperc, 15 fps-nél (frame/secundum) $1/15$ másodperc, így tehát a sebesség egyszerűen kiszámolható. Ha az egymást követő sebességvektorokat közös pontból kiindulva rajzoljuk meg, akkor megkapjuk a mozgásra jellemző ún. hodográfot.

A gyorsulás-idő függényt ebből a hodográfból tudjuk meghatározni, mégpedig az egymást követő sebességvektorok változásából. Az így kapott gyorsulásvektorok pillanatnyi gyorsulásnak tekinthetők, a gyorsulás nagyságát az eddigi sebesség- és időmeghatározások alapján meg lehet becsülni.³

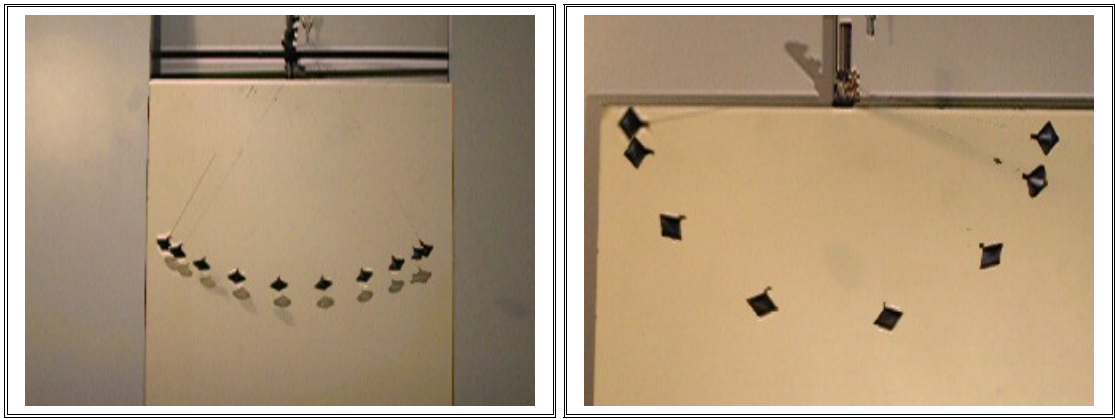
A teljesség igénye nélkül nézzünk meg egy-két felvételt, amelyeket stroboképek segítségével tudunk elemezni:

3.5.4. A matematikai inga

Az ingáról készített strobokép segítségével megfigyelhetjük, hogy az inga mindkét oldalon azonos magasságra emelkedik. Ha a fent leírtak alapján meghatározzuk az inga sebességét az egyensúlyi helyzetben való átlendülésekor, akkor ki lehet számítani az inga mozgási energiáját. Ennek értéke egy bizonyos hibahatáron belül megegyezik az inga kezdeti helyzeti energiájának értékével.⁴

³ Szerk.: Juhász András: Fizikai Kísérletek Gyűjteménye I, 32-35. o.

⁴ Szerk.: Juhász András: Fizikai Kísérletek Gyűjteménye I, 125. o.

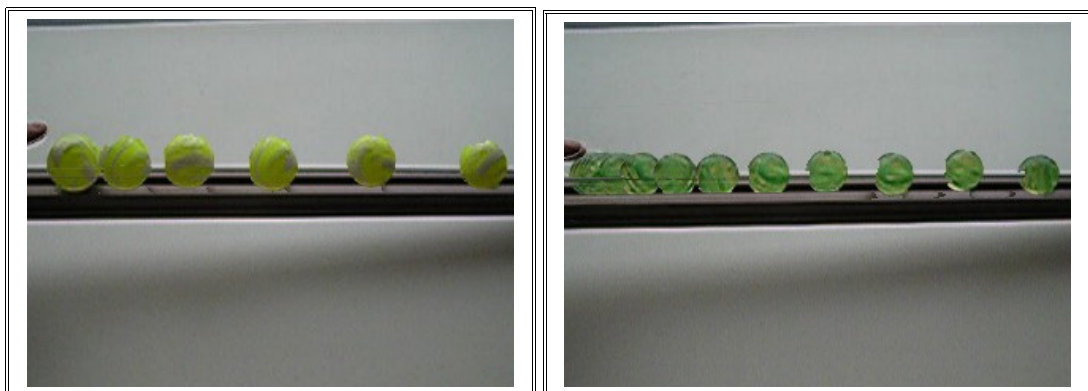


26. ábra

Az első képen az inga fonala hosszabb, így nagyobb a lengésidő is, sőt az ingatest sebessége is kisebb volt, ezért több lengési módust lehetett megjeleníteni a képen.

3.5.5. Lejtőn leguruló test

Stroboképek segítségével a lejtőn leguruló golyó esetén is felrajzolható a hely-idő, sebesség-idő és a gyorsulás-idő grafikon is.



27. ábra

3.5.6. Ütközések

Pénzérmék tökéletesen rugalmas, ferde ütközésekor az elmozdulásvektoroknak az ütközés után derékszöget kell bezárniuk, ugyanis az *impulzusmegmaradás* miatt:

$$\mathbf{v} = \mathbf{u}_1 + \mathbf{u}_2,$$

valamint az *energiamegmaradás* miatt:

$$v^2 = u_1^2 + u_2^2,$$

ez a két feltétel egyszerre csak akkor teljesül, ha $\mathbf{u}_1$ és $\mathbf{u}_2$ skalárszorzata zérus. Az ábrán látható, hogy a pénzérmék nem teljesen derékszögben pattannak el, a súrlódás sajnos erősen befolyásolja az érmék mozgását.



28. ábra

Azonos tömegű acélgolyók ferde ütközésekor sem derékszögben pattannak el a golyók (29. ábra), itt azonban nem a súrlódás, hanem a golyók forgása befolyásolja az ütközés utáni pályákat. Ezt használják ki a profi snooker-játékosok is, ha azt akarják, hogy a lökött golyó az ütközés után előre mozogjon, akkor a golyó tetejét lökik meg a dákóval, ha pedig azt akarják, hogy ütközés után visszafelé guruljon, a golyó alját lökik meg, így tudják „visszapörgetni”.



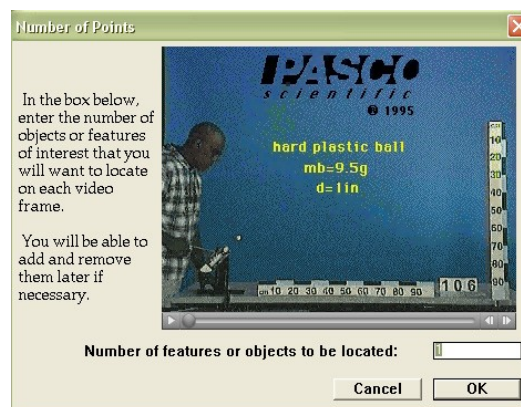
29. ábra

3.6. A Videopoint program használata

Ennek a programnak a segítségével analizálhatjuk a fizikai jelenségekről alkotott videofelvételeinket. A Videopoint használatával valójában hasonló eredményeket érhetünk el, mint a stroboképes módszerrel, csak sokkal könnyebben, gyorsabban, pontosabban.

A program használata igen egyszerű:

Nyissunk meg egy videofájlt. Ezek után meg kell mondani, hány objektumot szeretnénk vizsgálni a felvételen. (30. ábra)



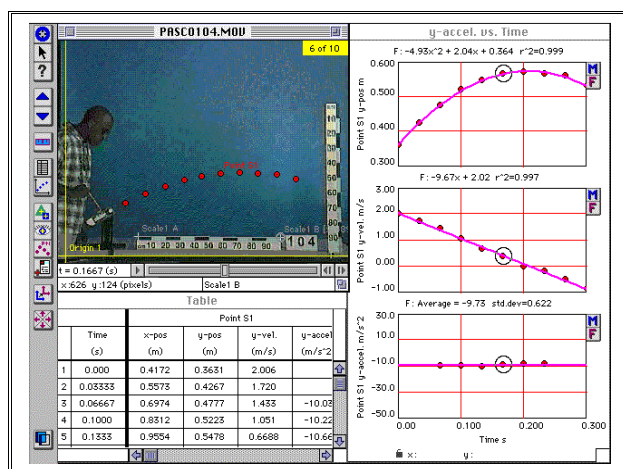
30. ábra

Ezek után betöltődik a film, de most még csak állóképként. El tudunk helyezni ún. videopontokat a képen, ha a kurzor helyén ez az alakzat:  látható. A mozgó tárgy bármelyik jellegzetes pontjára rakhatunk ilyen videopontot, majd ezután a film ugrik egy kockát, ezután következik a második videopont és így tovább. A videofelvétel minden képkockájára teszünk videopontokat. Miután az egész mozgás során elhelyeztük ezeket a videopontokat, a View/New Graph menüpont segítségével kirajzoltathatjuk a mozgó tárgy x és y irányú hely-idő, sebesség-idő, valamint gyorsulás-idő függvényeit. Ha egy videopont helyzetét meg akarjuk változtatni, a képkockák között előre-hátra haladhatunk a lejátszósáv melletti nyilak segítségével, ekkor kattintsunk a  ikonra.

3.6.1. A program felhasználási területei

Mozgások

A program lehetőséget nyújt az út-idő függvény elemzésére, saját maga kiszámítja és ábrázolja a sebesség-idő, valamint a gyorsulás-idő függvényeket, könnyedén bemutatatható a három függvény kapcsolata.

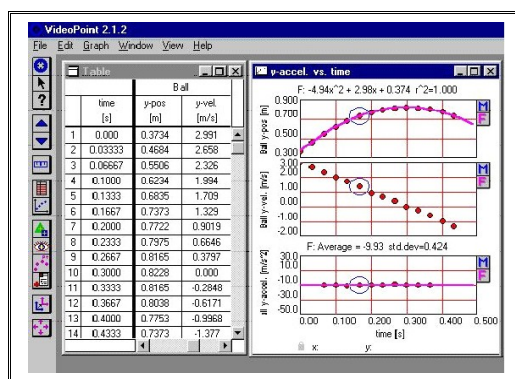


31. ábra

A programban lévő képen ferde hajítás vizsgálata látható, a 30. ábra bal felső sarkában maga a hajítás videofelvétele, alatta az adatok, a jobb oldalon pedig az y irányú hely-, sebesség-, és gyorsulásgrafikonok láthatók.

Mérések

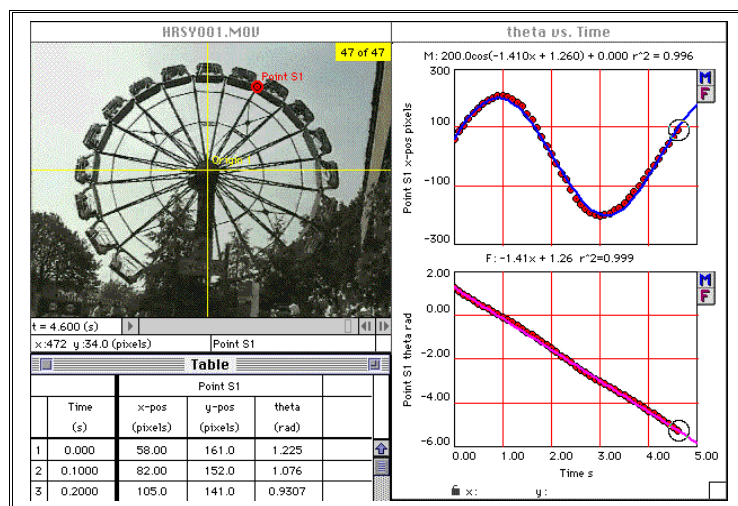
A program segítségével különböző fizikai mennyiségeket lehet meghatározni, végezhetünk például sebesség, vagy gyorsulásmérést. Lehetőség van arra is, hogy a mért és grafikonon ábrázolt adatokra függvényt illesszünk, a program az illesztett görbék egyenletét is kiírja.



32. ábra

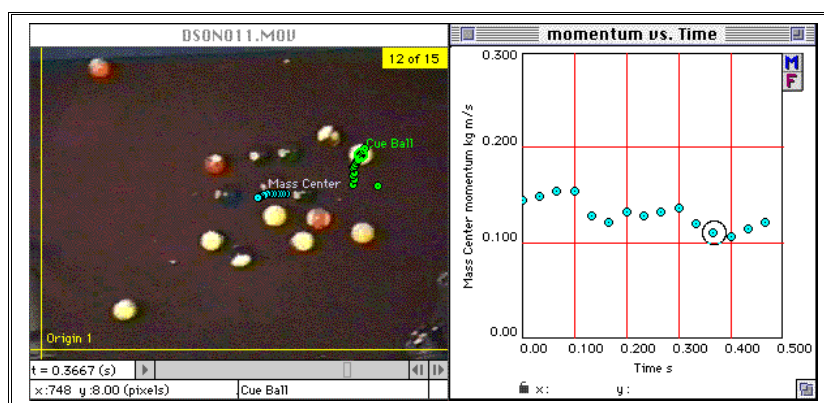
Hétköznapi jelenségek vizsgálata

A Videopoint segítségével a mindennapi életben előforduló jelenségeket is vizsgálhatjuk, a 32. ábrán látható óriáskerék szögsebességének vizsgálata látható.



33. ábra

Másik érdekes jelenségből az impulzus-megmaradás törvényét ellenőrizhetjük. Vajon megmarad-e az impulzus a pool-biliárd játékban a lökés alkalmával? A felvételt nézve úgy tűnik, hogy nem.



34. ábra

A programot megfelelő rutinnal használva, bármely mért fizikai mennyiség esetén az elméleti értékekhez képest segítségével 5%-os pontosságot lehet elérni. Érdekes a program használatát a diákoknak megtanítani, ezzel a gyerekek jobban megérthetik a kinematika grafikonjai közötti összefüggéseket.⁵

3.7. Gyors folyamatok vizsgálata

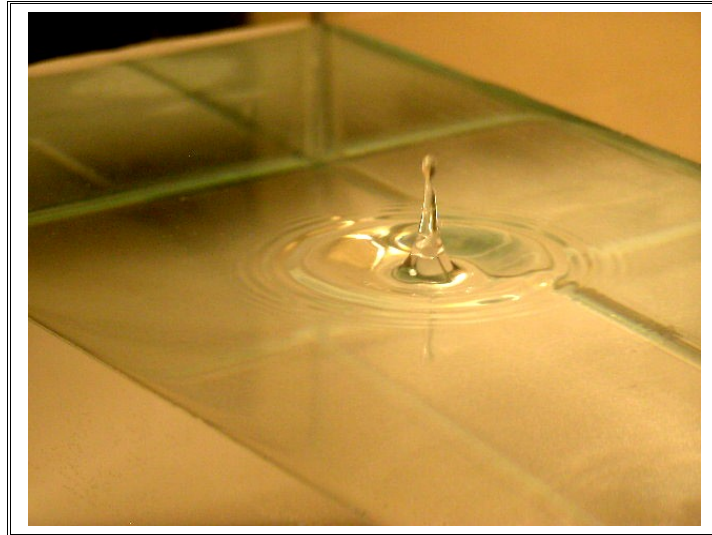
⁵ <http://www.lsw.com/videopoint>

Digitális fényképezőgéppel lehetőség van gyorsan lejátszódó folyamatok, jelenségek fotózására, szemléletesebbé tételére. Gyors folyamatokkal találkozunk például folyadékok áramlásakor, vagy az ún. kumulatív folyamatok alkalmával. Kumulációs effektusnak nevezzük azokat az effektusokat, amelyek során rövid időtartam alatt lejátszódó folyamatok hatása egy meghatározott irányba felerősödik. Ilyen folyamat például vízcsepp becsapódása vízfelületbe. Ekkor kialakul egy kumulatív folyadékáram, amelynek a vizsgálatához a digitális fényképezőgépet használhatjuk, ha szeretnénk a becsapódásból minél több módust látni. A folyamat vizsgálatához két módszer áll rendelkezésre:

3.7.1. Felvételkészítés kis záridővel

Az egyik módszer szerint vaku segítségével igen kis expozíciós idővel készítünk felvételeket, így lehetőség van a gyors jelenség részleteinek „elcsípésére”. Ehhez félig nyomjuk le a digitális fényképezőgép exponálógombját, ekkor rögzül az élesség, s a gép a megfelelő expozícióhoz szükséges minden adatot kiszámít, ezek után a fényképezőgép kioldási késedelme csak néhány századmásodperc. Kísérletünkben próbáljunk akkor exponálni, amikor a vízcsepp a felületbe csapódik! Kis ritmusérzéssel el lehet találni azt a pillanatot, amikor a becsapódás történik.

Felmerülhet a kérdés, hogy mivel ezt eddig is meg tudtuk csinálni analóg fényképezőgéppel, akkor miért jobb digitálissal? A digitális fényképezőgép analóggal szembeni egyik legnagyobb előnye az, hogy a képeket azonnal vissza lehet nézni, és ha az nem sikerült, ki lehet törölni. Ha analóg géppel próbálkoznánk, nem lehetnénk biztosak abban, hogy az egymás után becsapódásokról készített akár 50 kép közül, akár egy is jó lett. Digitális fényképezőgéppel viszont tetszés szerinti számú képet készíthetünk, megnézhetjük, hogy a jelenségről hány módust sikerült lefotózni, a rossz képeket pedig ezekből is törölhetjük. Lássunk egy ilyen képet:



35. ábra

A 35. ábrán a vízcsepp becsapódásakor kialakult folyadékoszlop látható. A módszerrel könnyen észrevehető, hogy például mosogatóba becsapódó vízszugáron is érdekes felület (minimálfelület) alakul ki. A képen látható részletek szolgálhatnak akár a jelenség (hidraulikus ugrás) iránti érdeklődés felkeltésére is. Sok kérdés merülhet fel a jelenségekkel kapcsolatban bennünk, pusztán a képen látottak kapcsán.

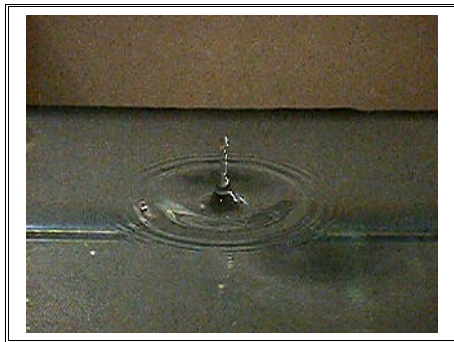
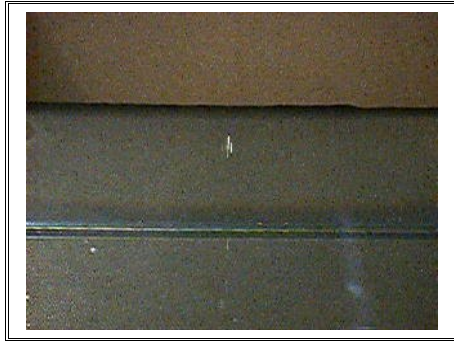


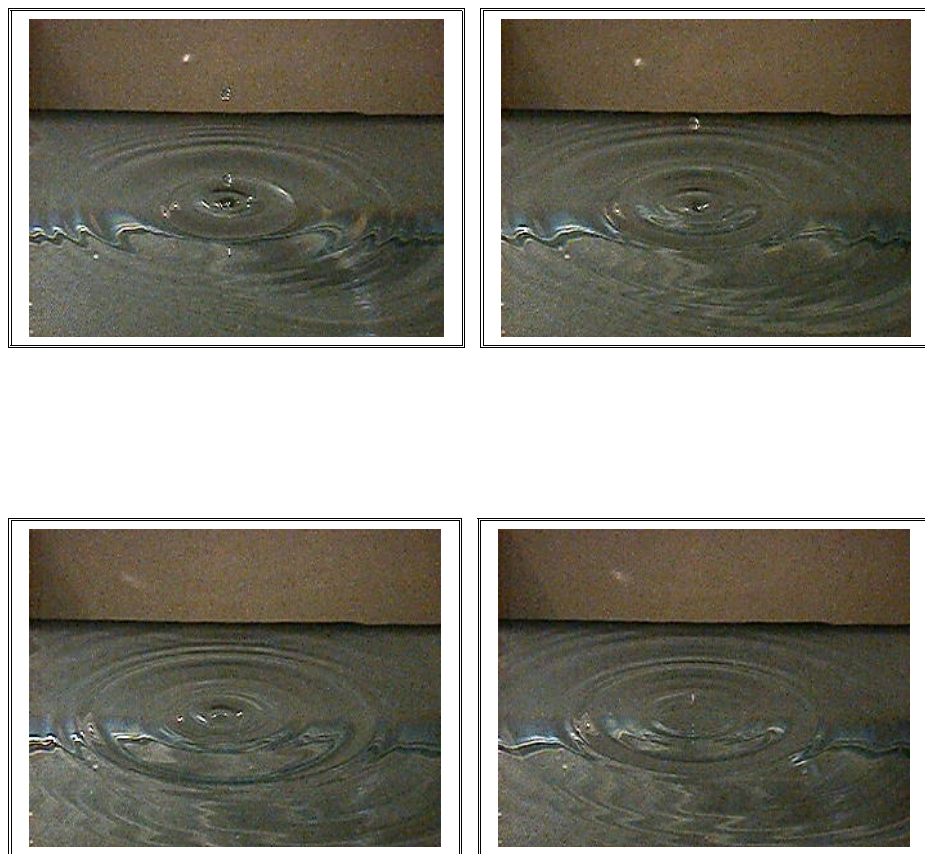
36. ábra

3.7.2. Felvételkészítés sorozatképek segítségével

A másik módszer sorozatfelvételekkel kapcsolatos: már korábban említettük, hogy a digitális fényképezőgép által készített videofájlok között másodpercenként 15-30 képkockát nyerhetünk ki. Ha felvesszük videóra a becsapódás folyamatát, akkor a sok

kép között biztosan lesz több olyan, amely a jelenség különböző részleteit tartalmazza. Egy másodperc alatti 30 képes sorozatfelvétellel egy körülbelül 40 cm-ről ejtett csepp becsapódásának nyolc módusát lehet lefényképezni, ami nem kis teljesítmény az analóg technikával szemben.





37. ábra

A kumulatív folyadékáram a felvételeken jól látható, sőt a folyadékáram befűződése, cseppekre szakadása is. Más-más jelenség játszódhat le attól függően, hogy milyen magasról esik bele a vízcsepp a vízfelületre. Kísérletileg igazolható, hogy csak egy bizonyos (kb. 5 cm) magasságból elindított csepp vált ki kumulatív áramot. A 2,5 m-nél magasabbról ejtett cseppek viszont folyadékáramok helyett buborékokat képeznek a víz tetején. Az egyes folyamatok részleteinek jobb megismerése történhet a digitális kamerával rögzített események során, amely hozzájárul a teljes folyamat jobb megismeréséhez.⁶

4. Diskusszió

Napjainkban a középiskolai fizikaoktatás egyik legnagyobb feladata sajnos az érdeklődés felkeltése. Kevés gyerek érdeklődik a fizika iránt, tagozatos osztályokon

⁶ Rajkovits Zsuzsanna: Kumulatív folyadékáram kialakulása egyszerű kísérletekben, Fizikai Szemle 1996/8

kívül ráadásul a fizika óraszámok is nevetségesen alacsonyak. Mindezeket figyelembe véve, a fizikatanárnak meg kell ragadnia minden lehetőséget, hogy a fizikát közelebb hozza a gyerekekhez. Az egyik ilyen lehetőség a fotográfia.

A digitális fototechnika nagy mértékű fejlődése szükséges volt ahhoz, hogy a fotográfiát a mindennapokban alkalmazni tudjuk a fizikaoktatásban. A digitális fényképezőgép mellett elsősorban az szól, hogy a képek azonnal megtekinthetők, nem kell órákat várni az előhívásra, nagyításra, azokat a képeket, amelyeket elrontottunk, azonnal lehet törölni. A készített felvételek így a tanórán elvégzett kísérletezés folyamatába is bevonhatók, sőt amit a digitális fényképezőgép „lát”, azt ki lehet vetíteni, vagy TV készüléken megjeleníteni. A gyerekek így maguk is jól megfigyelhetik azokat a jelenségeket, amelyeket eddig nem eléggé, vagy egyáltalán nem láttak a helyükön ülve.

A digitális fényképezőgépek árai folyamatosan csökkennek, technikai tudásuk viszont nő. Ezek miatt már ma is sok családnak van digitális fényképezőgépe, de valószínűleg egy-két év múlva szinte minden diák hozzáfér majd valamilyen digitális fényképezőgéphez. A legtöbb gyereket nagyon érdekli a fotózás, kicsit még új ez az ún. „rögtön visszacsatolt fotózás”. A 38. ábrán egy 10-es nyelvtagozatos osztály látható fizikaórán, pénteken, utolsó órán. Ilyen körülmények között nem kis teljesítmény, ahogy a digitális fényképezőgép „odavarázsolja” a gyerekek figyelmét a TV képernyőjére. (a képen a bemozdulás fogalmát illusztráltuk)



38. ábra

A tapasztalatok szerint a digitális fényképezőgép és egy számítógép segítségével olyan dolgokat érhetünk el, amit ezelőtt csak nehezen, vagy egyáltalán nem tudtunk megvalósítani. Ilyen nehezen megoldható feladat volt régen egy strobokép elkészítése, amelyet az előbbiekben említett technikát alkalmazva bárki el tud készíteni 10 perc alatt. A digitális fényképezőgéppel eddig megoldhatatlannak tűnő feladatokat is elvégezhetünk, például az illeszkedési szög mérését, vagy az „ólomfa” növekedésének felgyorsítását.

5. Felhasznált irodalom

1. Fizikai Kísérletek Gyűjteménye I. Szerk.: Juhász András, Arkhimédész Bt. Budapest, 2001
2. Budó Ágoston: Kísérleti Fizika II., Tankönyvkiadó, Budapest 1991
3. Rajkovits Zsuzsanna: "Kumulatív folyadékáram kialakulása egyszerű kísérletekben", Fizikai Szemle, **46.** 282-287 (1996)
4. A digitális fényképezés alapjai, Computer Panoráma, 2003. júniusi szám CD melléklet
5. <http://www.lsw.com/videopoint>
6. Digitális Fotó Magazin 2001. december
7. Digitális Fotó Magazin 2003. december
8. Digitális Fotó Magazin 2005. január-február
9. Dékán István: Digitális Fényképezés CD melléklet, D2 Fotóstúdió 2004
10. Dékán István: Fényképezés, D2 Fotóstúdió 2000
11. Fotósok könyve, Sárközi - Dr. Sevcsik – Kun, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977
12. Új fotólexikon, Főszerkesztő: Morvay György, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984