

folyamatok integrálása gyakran megoldhatatlan valamilyen kvantitatív elemzés nélkül, számos sejtbiológiai probléma vizsgálatában ötvöznek molekuláris biológiai, statisztikai, műszaki vagy fizikai módszereket.

Irodalom

1. Jánosi M., Czirók A., Silhavy D., Holczinger A.: Is bioconvection enhancing bacterial growth in quiescent environments? *Environmental Microbiology*, 4 (2002) 525–531.

2. Dombrowski C., Cisneros L., Chatkaew S., Goldstein R.E., Kessler J.O.: Self-Concentration and large-scale coherence in bacterial dynamics. *Physical Review Letters*, 93 (2004) 098103.
3. Csaók Z., Czirók A.: Hydrodynamics of bacterial motion. *Physica A*, 243 (1997) 304.
4. Szabó A., Perryn E.D., Czirók A.: Network formation of tissue cells via preferential attraction to elongated structures. *Physical Review Letters*, 98 (2007) 038102.
5. Czirók A., Rongish B.J., Little C.D.: Extracellular matrix dynamics during vertebrate axis formation. *Developmental Biology*, 268 (2004) 147–157.

A FIZIKA TANÍTÁSA

DIGITÁLIS FÉNYKÉPEZŐGÉP ALKALMAZÁSA A FIZIKA TANÍTÁSÁBAN

Szakmány Tibor¹, Papp Katalin
Szegedi Tudományegyetem, Kísérleti Fizikai Tanszék

A digitális fényképezőgép és a számítógép elterjedése mind az iskolában, mind a diákok otthoni környezetében új lehetőségeket teremt a fizikai kísérletezésre, azok részletes elemzésére, igényes mérésekre. A *Fizikai Szemle* MINDENTUDÁS AZ ISKOLÁBAN rovatá (Ujvári Sándor, 2005/8) már foglalkozott a digitális fényképezőgép működésének fizikai alapjaival. Az alábbiakban az iskolai felhasználásra mutatunk példát, a mechanika tananyagához kapcsolódva.

Manapság a kompakt digitális fényképezőgépek a legelterjedtebbek. Ezek könnyen kezelhetők, és fejlett automatikájuknak köszönhetően szinte mindig jó minőségű fényképek készíthetők velük. Itt mutatkozik meg a digitális fényképezés egyik nagy előnye is, hiszen a kijelzőn rögtön ellenőrizhető az elkészült kép, és amennyiben a minősége nem felel meg az igényeinknek, azonnal újat tudunk készíteni. A legolcsóbb kompakt kategóriától, a drágább kategóriák felé haladva a fényképezőgépek által kínált beállítási lehetőségek száma növekszik, és ezzel párhuzamosan az alkalmazási lehetőségek köre is. A záródő előválasztási lehetőség mind a lassan, mind a gyorsan, mind pedig a véletlenszerűen lejátszódó folyamatok megörökítésére alkalmassá teszi gépünket, a felhasználási módoknak csak a fantáziánk szab határt, mint ahogy például az az 1. ábrán látható.

A mai digitális fényképezőgépek szinte mindegyike alkalmas sorozatfelvételek és videofelvételek készítésére, amivel már a mozgások is megörökíthetők. Sok típus esetén a közvetlenül televízióra csatlakoztatás is megoldható, így az elkészült képek és videók azonnal felhasználhatók a tantermi szemléltetésben. Számítógép és projektor segítségével pedig a digitális képfeldolgozás és szemléltetés széles tárháza nyílik meg előttünk. A következőkben ezekből a lehetőségekből

válogatunk, különös tekintettel a mozgások vizsgálatára, segítséget nyújtva a mechanika tanításához.

Kvantitatív mérés digitális videofelvétel segítségével

Gyakran fordul elő, hogy a fényképek és a sorozatfelvételek nem tartalmaznak elegendő információt a mozgásos kísérletek nyomon követéséhez. Ebben az esetben rendkívül hasznosnak bizonyulnak a videofelvételek.

A digitális fényképezőgépekkel készült videofelvétel nem más, mint gyorsan egymás után készült digitális állóképek (legtöbbször AVI formátumú) mozgóképpé való összefűzése. Típustól és beállítástól függően a *másodpercenként készült képkockák száma* és a *felbontás* változó lehet. Amennyiben nem ismerjük a használt fényképezőgép esetén ezeket az adatokat, az elkészült videofelvételek számítógépre mentése után a fájl tulajdonságai (*properties*) közt mindig megtalálhatjuk őket. A felvételek felbontását a képpontok (*pixel*) számával, a másodpercenkénti képek számát pedig a képkockasebességgel (*fps – frame per secundum*) szokták megadni. A mai digitális fényképezőgépek többsége képes a televízió élvezhető minőségű (640×480) képpontos felbontásra és 15–30 fps-os képkockasebességre.

1. ábra. Monitor képráfrissítése (0,001 s), villámlás (15 s), Tyndall-jelenség (0,6 s)



¹ V. éves hallgató

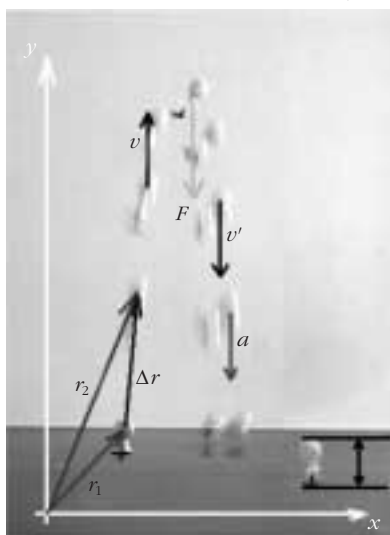
Az adatok feldolgozása Excellel

t (s)	x (pixel)	H (pixel)	b' (mm)	b (m)	mgb	$v = \Delta b/\Delta t$ (m/s)	$1/2 m v^2$
0	370	0	0	0	0	2,287646	0,013083
0,0667	223	147	152,586	0,152586	0,007484	1,338351	0,004478
0,1334	137	233	241,854	0,241854	0,011863	0,793673	0,001575
0,2001	86	284	294,792	0,294792	0,01446	0,326807	0,000267
0,2668	65	305	316,59	0,31659	0,015529	-0,26456	0,000175
0,3335	82	288	298,944	0,298944	0,014663	-0,96486	0,002327
0,4002	144	226	234,588	0,234588	0,011507	-1,43172	0,005125
0,4669	236	134	139,092	0,139092	0,006822	-1,99196	0,00992
0,5336	364	6	6,228	0,006228	0,000305		

A kísérletekről készült digitális videofelvételek számítógépre mentése után a felvétel a különböző szoftverek segítségével lejátszható, akár képkockánkénti léptetéssel is, így a mozgást akár pillanatról-pillanatra is nyomkövethetjük. Egyes programok, mint például a *Windows Movie Maker*, a *Windows XP* egyik alapprogramja, illetve az internetről ingyenesen letölthető *BS Player* lehetővé teszik az egyes képkockák elmentését is.

A *Windows Movie Maker* program a *Kellékek (Accessories)* közt található meg. A fájl importálása után a jobb oldalon található lejátszó részben a kezelőszervek segítségével a filmfelvételt le tudjuk játszani. Lehetőségünk van a képkockánkénti léptetéssel a megfelelő képkockák kikeresésére és elmentésére az általunk kiválasztott mappába (*folder*). A *BS Player* esetén a képkockánkénti léptetést a lejátszás szüneteltetésével (*pause*), majd a jobbra-, balra billentyűk nyomkodásával érhetjük el, illetve a kívánt képkockákat a „P” billentyű megnyomásával menthetjük el a *BS Player* saját mappájába, majd onnan az általunk választott mappába másolhatjuk.

2. ábra. Képkockákból illesztett nyomkép, és rajzolás a képekre



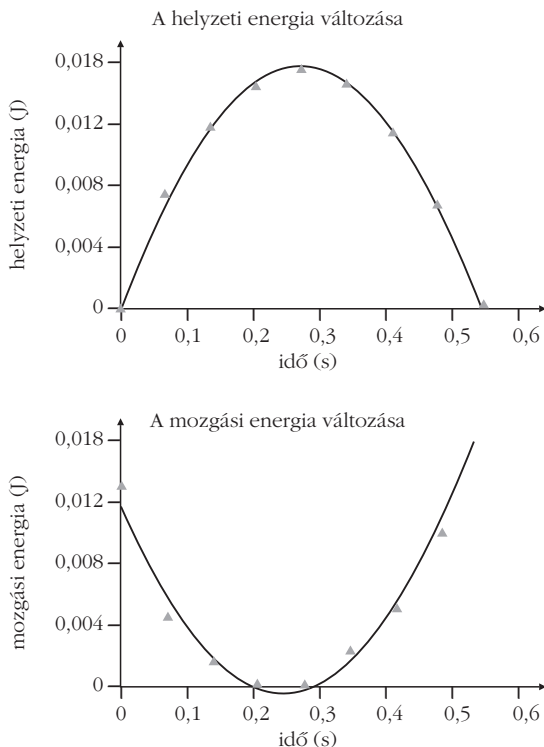
A videofelvételből kinyert állóképekhez időadatokat tudunk rendelni. A *Windows Movie Maker* esetén ezt a képek elmentésekor le tudjuk olvasni az állapotsávban, és akár a képfájl nevében is elmenthetjük, míg a *BS Player* esetén az egymás után elmentett képek közt az eltelt képkockák számából tudjuk kiszámolni a képkockasebesség segítségével.

A képfájlként elmentett képkockákat a különböző szoftverek segítségével be tudjuk mutatni, illetve módosítani is tudjuk azokat. A *Windows XP* egy másik alprogramja, a *Paint* segítségével a képeket szerkeszthetjük is. Mozgások esetén például berajzolhatjuk az adott pillanatban ható erőket, illetve a hely-, elmozdulás-, sebesség-, gyorsulásvektorokat is, valamint lehetőségünk van nyomkép (a test helyének egyenlő időközönkénti megjelölése egy vonatkoztatási testhez viszonyítva) készítésére is. Ebben az esetben az egymást követő képkockákról a mozgó testet az eszköztárban található kivágás funkció (lásd 3. ábra) segítségével ki kell vágunk, majd a háttér nem elmozduló, jellegzetes pontjainak felhasználásával a következő képre illesztünk.

A 2. ábrán látható képrészleten a vázolt módszerrel egy rugós figura ugrásáról készült nyomkép látha-

3. ábra. Kivágás, és koordináták meghatározása





4. ábra. Az adatok ábrázolása grafikonon

tó. A felvétel *Canon Powershot A75* típusú digitális fényképezőgéppel, 640×480 képpontos felbontásban, 15 fps képkockasebességgel készült. A háttér jellegzetes, nem elmozduló pontja a képrészleten nem látható asztalsarok volt.

A *Paint* további funkciója, hogy az állapotsorban minden pillanatban látható az egér kép feletti helyzete pixelkoordinátában (lásd 3. ábra). Ezt felhasználva az egyes képkockákon, vagy akár az illesztett nyomképen, a mozgó testhez koordinátaadatok is rendelkezhetők.

A pixelkoordináták valós hosszúsággá alakításához csak egy tárgy, lehetőleg a mozgó tárgy méreteit kell ismernünk mind pixelben a képen, mind pedig cm-ben a valóságban. Az ugró figura esetén ez 55 mm, amiből a képen látható 53 pixeles figuramagasságot figyelembe véve a pixelekre jutó hosszúság $1,038 \text{ mm/pixel}$.

Az *Excel* program segítségével a korábban már ismertetett módon nyert idő- és helykoordináta adatokat táblázatba rendezhetjük (lásd 1. táblázat). A kezdőpontokat mindkét adat esetén kedvünk szerint eltolhatjuk. A t időkoordináta esetén a 15 fps-os képkockasebességet felhasználva két képkocka elkészülte közt $1/15 \text{ s} = 0,0667 \text{ s}$ idő telik el. Az x pixelkoordinátákat, a kezdőpillanatbeli 370 pixelt véve nullmagasságnak, a $370 - x$ képlet segítségével tolhatjuk el. Az így kapott H pixelkoordinátákat ezután az $1,038 \text{ mm/pixel}$ váltószámmal szorozva valós h' magasságkoordinátákká alakíthatjuk. A következő oszlopban a h magasság

már méterben van megadva, amiből a helyzeti energia a figura tömegének (5 g) ismeretében már könnyen kiszámolható.

A hozzávetőleges v sebességadatot az egymást követő képkockákhoz tartozó h magasságkoordináták Δh különbségéből, és a képkockák elkészülte közt eltelt Δt időből ($1/15 \text{ s}$) származtathatjuk, ezekből már a mozgási energia is kiszámolható.

Az adatok ezután az *Excel* segítségével már könnyen ábrázolhatók grafikonon, a kapott pontokra trendvonalat is illeszthetünk. A grafikonok jól szemléltetik az energiaátalakulási folyamatokat (4. ábra).

A módszernek vannak korlátai, hiszen a túl gyors mozgások esetén a test képeinek elmosódása jelent problémát, míg túl lassú mozgások esetén az elmozdulás csak néhány képpontnyi, ezért a diszkrét koordinátaértékek leolvasásában elkövetett 1 pixeles tévedés is már jelentős hibát idézhet elő. Az elmozdulásokból származtatott sebességadatok esetében ezek a pixelkoordináták meghatározásakor elkövetett hibák pedig csak növekednek.

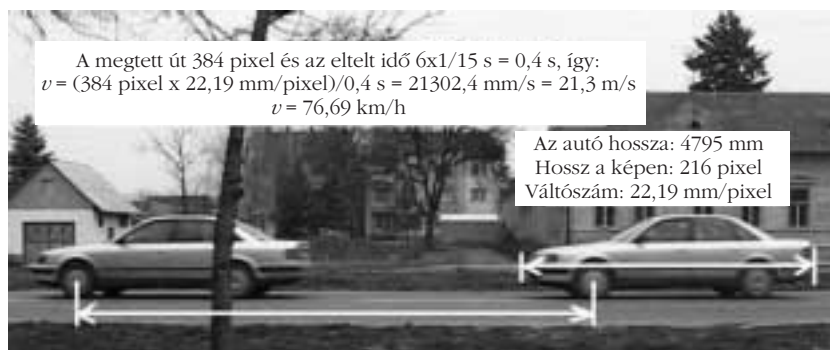
A hibák azonban kiküszöbölhetők, ha a felvétel készítésekor ügyelünk a mozgó test és a felvevő kamera közötti távolságra. A megfelelő távolság megválasztásával elérhető, hogy a felvételen látható elmozdulás a legmegfelelőbb tartományba (20–100 pixel) essék. Ebben a tartományban a felvételen a test mozgása miatti elmosódás még nem jelentős, ugyanakkor a pixelkoordináták leolvasásában elkövetett ± 1 pixeles tévedés 5%-nál kisebb hibát jelent.

A módszer tehát ügyes elrendezéssel nagyon sok mozgás esetén használható, segítségével rezgőmozgást, körmozgást, lejtőn gördülést vagy más mozgásokat is nyomon követhetünk, ugyanakkor akár újszerű mérési gyakorlatok bevezetésére is lehetőségünk adódik. Erre lehet példa az autók sebességének mérése digitális fényképezőgép segítségével.

Az autók sebességének méréséhez, csak egy rövid digitális videofelvételt kell készítenünk a forgalomról, 10–20 m távolságra állva az úttesttől. Az 5. ábrán egy így készült videofelvétel két képkockájából összeillesztett kép látható.

A pixelkoordinátákat valós hosszúsággá alakító váltószám meghatározásához szükséges hosszúságadatot ebben az esetben maga az elhaladó autó szolgáltatja, hiszen egy felismert autótípus adatait a különböző

5. ábra. Autók sebességének mérése



autós weboldalakon megtalálhatjuk. Az 5. ábrán látható Audi A6 Quattro hossza 4795 mm, amit összevetve a képe nek 216 pixeles hosszával 22,19 mm/pixelt kapunk váltószámnak. Ez után az autó sebessége az 5. ábrán látható módon már könnyen kiszámolható, amelyre ebben az esetben az érvényes sebességkorlátozást jelentősen meghaladó 76,69 km/h-nak adódott.

Módszertani megjegyzések

A fenti példák csak ízelítőt adtak a sokféle lehetőség-ből, amelyeket a digitális fényképezőgép biztosít a mechanikai kísérletek elemzéséhez, a fogalmak beve-

zetéséhez. A szorosan vett „szakmai” hasznon túl meg kell említenünk a számítógép és a fényképezőgép teremtette modern tanítási-tanulási környezetet, amely a diákok aktivitását és igen kedvező attitűdjét biztosítja. Ez a környezet kihasználja a tanulók számítástechnikai ügyességét, a képsorozatok, felvételek elemzéséhez szükséges szoftverek virtuóz használatát, amely a hagyományos tanítási módszerekkel nehezen elérhető tanulói érdeklődést, kedvező tantárgyi hozzáállást eredményez. A fényképezőgép mobil, iskolán kívüli környezetben való alkalmazása egy újabb előnyt jelent: az „outdoors physics”, mint új didaktikai irányzat természetes megjelenését a fizikatanításban.

KÖNYVESPOLC

Szabó Árpád: A FIZIKA TÖRTÉNETE

Akadémiai Kiadó, Budapest, 2007, Harmadik kiadás, 302 o.

Fizikatörténetet írni nem könnyű dolog. Mindenekelőtt magának a fizikának, a fizikai jelenségeknek és törvényeknek alapos ismeretére van szükség, ezen túlmenően azonban tudni kell az előbbiek felfedezésének időrendjét, ismerni a felfedezőket személyi és életrajzát, valamint a mindezeket körülvevő társadalmi valóságot. Ugyanakkor elengedhetetlen egy bizonyos egyensúly kialakítása ezek között. A fizikatörténet ugyanis nem „fizikakönyv”, tehát túlságosan részletességgel nem mehet bele a fizikai jelenségek és törvények tárgyalásába, ugyanakkor el kell kerülnie azt is, hogy a fizikusok élettörténetének részleteibe bonyolódjon bele, vagy túlságosan részletesen mutassa be a korabeli eseményeket, illetve a megfelelő társadalmat.

Szabó Árpád fizikatörténete szerencsésen tesz eleget a fenti követelményeknek, és valóban igényesen megoldva a feladatot kétségkívül gazdagítja a hazai szakirodalmat. A harmadik kiadásban érte ezt el igazán a szerző, kiküszöbölve az előző kiadások kisebb-nagyobb hiányosságait, fogyatékoságait.

A könyv beosztását tekintve három részből áll, nem tekintve az *Előszót* és a rövid *Bevezetőt*. Az első részben – amelyik a teljes terjedelem körülbelül egy negyede – a fizika történetének rövid áttekintését kapjuk az ókori fizikától a 18. század végéig. (Nehéz lenne megmondani, hogy ez a viszonylag rövid áttekintés miért áll meg itt.)

A második részben (ez a könyv nagyobbik részét képezi) fejezetenként (mechanika, fénytán, hőtan stb.) tekinti át a fizika történetét, beleértve a legújabb fejezeteket is: a kvantummechanikát, a részecskefizikát, az űrhajózást (!).

A harmadik rész *Tudó lexikon* és *Névmutató* címen a könyvben szereplő tudósokat abc-sorrendben sorol-

ja fel, egy-egy mondatban megadva legfontosabb tevékenységüket, illetve felfedezésüket. Ugyanitt megtalálhatók az utalások a könyv megfelelő oldalaira is. Ezt követi a nagyszámú felhasznált irodalom összeállítása. Itt kell megemlítenünk, hogy már az előző részben (második rész!) szerepel egy *Utószó*, amelyben táblázatos, illetve szöveges összeállítást találunk a fizikai Nobel-díjasokról, külön a magyar vagy magyar származású Nobel-díjasokról, valamint különböző országok tudományos teljesítményéről különböző paraméterek felhasználásával.

A szerző külön érdemül kell megemlítenünk, hogy az egyes tudósok képeit (több mint kétszáz) is megtaláljuk a könyvben a kísérleti eszközök bemutatása és más, egyes jelenségek megértését segítő ábrák mellett. Sokszor szinte elcsodálkozok az olvasó, hogy egyik vagy másik képet hol lehetett fellelni. Más kérdés, hogy az egyes tudósoknak nem minden esetben a legjellemzőbb, illetve legszerencsésebb képét sikerült megtalálni, és egyáltalán, hogy a képekhez, fényképekhez nem igazán jó a papír minősége.

Ki kell emelnünk, hogy a szerző mindenütt külön is foglalkozik a magyar vonatkozásokkal, nem egy esetben olyan neveket is említve, amelyekkel például a recenzens – bizonyára saját hibájából – sohasem találkozott. Így például *Czabán Izsák* az eperjesi, majd a nagyszabenyi főiskola tanára a XVIII. század második felében, aki az atomelmélet híve volt, *Gassendi* követője, az arisztotelészi szemlélettel való leszámolás élharcosa. Ilyen továbbá *Pósházi János* (1628–1686) is, a *Philosophiae Naturalis* szerzője, vagy *Róna Erzsébet*, aki többek között *Hevesy Györggyel* dolgozott együtt. Kétségtelen, hogy néha kissé elfogult a szerző a ma-