

Számítógép, fizika, tehetséggondozás

Bérces György

Tartalomjegyzék

.....	
BEVEZETÉS.....	2
ALKALMAZÁSI TERÜLETEK.....	3
ISMERETKÖZVETÍTÉS.....	4
PROBLÉMAELEMZÉS	7
Euler-módszere, tömegpont mozgásegyenletének megoldására	7
Módosított Euler-módszer	8
Véletlen folyamatok.....	9
Célprogramok matematikai, fizikai problémák elemzéséhez	10
JAVA alkalmazások	10
SZÁMÍTÓGÉP ISKOLAI KÍSÉRLETEKBEN	11
Grafikus kalkulátor és adatgyűjtők.....	14
Egyéni fejlesztésekhez eszközök.....	15
Táblagépek, okostelefonok otthoni, iskolai kísérletezésben	16
GPS alkalmazások fizika órákon	17
Video analízáló és modellező program	18
Kísérletek hangkártya használatával	18
INFORMATIKAI ESZKÖZÖKHÖZ KAPCSOLÓDÓ KÍSÉRLETEK, FELADATOK	19

BEVEZETÉS

A számítógépek és az Internet megjelenése a huszadik század utolsó évtizedeiben alapjaiban megváltoztatta az emberiség életét szokásaiban, a különböző munkafolyamatok végzésében és a tanulási formákban is. A számítógépek megjelenésével együtt új, modern informatikai rendszerek (eszközök) kifejlesztésének lehettünk részesei. Ezek az eszközök környezetünkben mindenütt jelen vannak, erős hatást gyakorolnak az oktatásra.

Ezzel párhuzamosan általánosan **megfigyelhető volt a természettudományok** – és ezen belül a fizika – **iránti érdeklődés nagymértékű csökkenése**. A természettudományi tárgyak, így a fizika tananyaga is ennek megfelelően átalakult, átalakul. A tanulási módszerek, az ismeretszerzés módjai az Internet megjelenésével gyökeresen megváltoztak. Felerősödtek például azok a tendenciák, amelyek a gyakorlati alkalmazásoknak az iskolai tananyagba történő integrálását szorgalmazzák. A fizikát tanító tanár számára is gyakran kihívást jelent ezeknek az új alkalmazásoknak a tananyagba történő beépítése.

A felsőoktatásba bekerülő hallgatók többségének fizika ismeretei jelentősen csökkentek azokhoz az időszakokhoz képest, amikor még az egységes felvételi rendszer működött. Az emelt szintű érettségi bevezetésével a fizika szakokon előrelépés tapasztalható a hallgatók gimnáziumból hozott tudásában. Ezt nagyszámú, különböző felmérés (pl. kritériumdolgozatok) igazolják. A felsőoktatás ennek nyomán sok esetben alkalmazkodott a megváltozott körülményekhez. Például a jó ismeretekkel rendelkező, különösen tehetséges hallgatók sok szakon eleve emelt-szintű kurzusokon kezdenek meg tanulmányaikat.

A középiskolába bekerülő tanulók iskolától, osztálytípustól függő környezetben és óraszámban tanulják a fizikai matematikai és számítástechnikai ismereteket. A szaktanárok hamar észreveszik, hogy mely tanulók azok, akik az átlagosnál is jobban érdeklődnek egyes területek iránt. **Differenciált formában, egyéni képességekhez igazítva, az Internetet és a számítógépekben rejlő különböző lehetőségeket nagymértékben lehet alkalmazni a tanulók érdeklődésének felkeltésére, magasabb szintű ismeretek megszerzésére.** Gyakori, hogy a fizika iránt különösen fogékony hallgatók matematikából és informatikából is tehetségesek. A számítógép kínálta lehetőségeket pedig mindhárom tárgy tanítása kapcsán ki lehet használni. **A számítógép, az Internet, a mobil eszközök, a számítógépes kísérletezés, és a különböző technológiák – ha megfelelő módon beépítjük őket a tananyagba – új színteret jelenthetnek az iskolai fizikában.**

Ehhez szeretnénk ötleteket, megoldási lehetőségeket kínálni. Bemutatni azokat a területeket és létező alkalmazási formákat, amelyek a fizika és informatika területét egyaránt érintik. **Külön kiemelve és jelölve azokat a lehetőségeket, amelyek az érdeklődő, tehetséges diákjaink számára egyaránt jelenthetik mindkét területen az ismereteik bővítését.**

ALKALMAZÁSI TERÜLETEK

A fizikán belül a számítógéphez és az Internethez kötődő módszerek kapcsán a tanár számára alapvetően fontosak a következő kérdések:

- Milyen módon ossza föl a rendelkezésre álló időt (tananyagot) a **kísérletek, az elméleti anyag, a feladatmegoldás és a gyakorlati, technikai érdekességek** között?
- Mennyi idő jusson a **tudományterület alaptörvényeire**, amelyek több évtizedre is biztos, stabil tudást jelenthetnek?
- Mennyi időben tanítson olyan **technikai ismereteket**, amelyek ma ugyan fontosnak tűnhetnek, de esetleg néhány év múlva már teljesen használhatatlan ismeretet jelentenek?
- Tanítson-e olyan **praktikus ismereteket**, amelyek időtállóak ugyan, de a hagyományos tananyagokban többnyire nem szerepelnek
- Milyen mértékben, mire, hogyan használja a **számítógépet**, az **Internetet** és azokat a várhatóan rövid élettartamú oktatási módszereket, amelyek **speciális informatikai eszközökre** épülnek.
- A videók, multimédiás anyagok, szimulációk bemutatása nem pótolja a ténylegesen **megfigyelhető jelenségekből**, a **megfogható kísérleti összeállításokból** származó tapasztalatokat.

A számítógép és Internet iskolai alkalmazásainak lehetőségei szinte határtalanok. Az utóbbi években megjelenő, mobil-eszközökhöz köthető iskolai felhasználásokkal is (pl. GPS, digitális fényképezőgép, tablet-PC, mobil-telefon) egyre több tanulmány foglalkozik. Az alábbi táblázatban feltüntettük azokat a jellegzetes alkalmazásokat, amelyek viszonylag jól elhatárolható módon megkülönböztethetők egymástól. **A tanórán, szakkörön, versenyre történő felkészítés során bármelyik területről választhatunk olyan alkalmazásokat, amelyekkel alapvetően új ismereteket tudunk átadni a tanulóinknak.**

Számítógép, Internet a fizika tanításában		
Alkalmazási terület (kulcsszavak)	Számítástechnikai háttér (eszköz)	Szükséges ismeretek
Ismeretközvetítés: multimédia, jelenségek bemutatása, Internet, adatbázisok használata, távoktatás	program, videó-fájl, CD, DVD, interaktív tábla, tábla-PC, Internet csatlakozás	Célprogram használatának ismerete.
Problémaelemzés: feladatmegoldás, interaktív programok és szimulációk, VRML, 3D megjelenítés, Virtuális Laboratórium	program, JAVA-script, JAVA, FLV, SWF.	Programnyelv ismerete. Célprogram használatának ismerete.
Számítógép kísérletekben: mérés, adatgyűjtés, kiértékelés, játékkonzolok a kísérletezésben, mozgások nyomkövetése, kísérletezés GPS-szel, hangkártya, USB-mikroszkóp, stroboszkópikus-, nagysebességű- fényképezés, képek, videók analízisa.	Interfész+szenzor: Vektoroszkóp, CBR, CBL, Vernier-, Leybold-eszközök, videó-digitalizáló, stb. Feldolgozó-programok: Videopoint, Webcam-Laboratory, Audacity, stb.	Programnyelv ismerete. Hardver alapismeretek. Célprogram használatának ismerete.
„Számítógép-fizika”: Számítógéphez, részegységekhez kapcsolódó fizikai feladatok, kísérletek.	Számítógép-alkatrészek, tartozékok.	

ISMERETKÖZVETÍTÉS

Az „Ismeretközvetítés” címszó azokat az alkalmazásokat takarja, amelyeket a multimédia, valamint az Internet, mint információs forrás jelentenek. A multimédiás programok általában menü által vezérelhetők. Az Interneten történő keresés, megjelenítés is automatikus, egyik lépésből következik a másik.

Az aktuális, iskolai fizika tananyaghoz kapcsolódóan számos olyan feladatot megfogalmazható, amelyhez a diákoknak az Interneten kell anyagot gyűjteniük.

Egy-egy, a fizikához kapcsolódó témakör feldolgozása előadás formájában. E munka keretében a tanulóknak különböző prezentáció-készítő programokat is meg kell ismerni, használatukat megtanulni. Ez lehet egy egyszerű Word, PowerPoint, vagy OpenOffice program. Az előadáshoz összegyűjtött szöveg és multimédia-elemeket a szerkesztő programba elhelyezve a vetítés kimeneti formátuma különböző lehet (pl. pdf, ppt, wmf). **A kitűzött feladatok között szerepelhetnek olyanok is, amelyekben a diákok által készített képeknek, videóknak kell megjelennie az előadás anyagában.** A képek, videók szerkesztéséhez számos ingyenes program használható. Tapasztalat szerint a diákok nagy többsége e programok használatát általában rövid idő alatt elsajátítja

Multimédiás környezetben használt gyakori fájl-típusok, szerkesztők, lejátszók

típus	kiterjesztés	szerkesztő, (lejátszó) program
szöveg	txt, doc, html, mht, ps, pdf, dvi	WORD, OpenOffice, Adobe Acrobat, Ghostscript, Ghostview, Acrobat Reader
kép	jpg, tiff, raw, bmp, gif	GIMP, PaintShop Pro, Adobe Photoshop, Paint (Irfanview)
hang	wav, mp3	Audacity
videó	avi, mpg, divx, mov, mp4, flv	Windows Movie Maker, Virtualdub, (Windows MP, VLC, QuickTime Player, DivX, KMPlayer)
animáció	ppt, animált gif, swf, flash video (flv), Java applet	PowerPoint, PaintShop Pro, Animation Shop (Böngésző, Irfanview, Adobe Flash Player)

Interneten található érdekes kísérletek felderítése, felfedezése, elkészítése: Ennél a feladatcsoportnál a cél az lehet, hogy adott fizikai ismeretekhez kapcsolódóan a tanulók keressenek olyan alkalmazásokat, működő kísérleteket, amelyeket otthon vagy az iskolában elkészítenek. **A munka lehet egyéni, de tapasztalat szerint kis csoportokban, akár egymással versenyezve is, sokkal érdekesebb lehet a feladat elvégzése.**

Károly Iréneusz Fizika Tanulmányi Verseny otthoni feladatai között folyamatosan szerepelnek ilyen jellegű problémák (<http://www.ovegesegylet.hu/versenyek>).

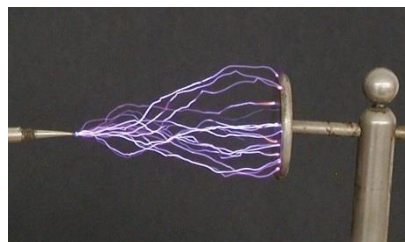
Néhány klasszikus, nagy népszerűségnek örvendő kísérlet:

- Kísérletek mágnesekkel, telepekkel
- Elektrosztatikus elven működő motor készítése
- Motorok készítése a lehető legegyszerűbb eszközökkel
- Légpárnás eszközök
- Vizes-rakéta készítése
- Hajítógépek
- Tartószerkezetek, hidak készítése egyszerű anyagokból (papír, hurkapálca, stb.)
- Stirling-motorok

Interneten található érdekes jelenségek, fényképek, videók, keresése: A YouTube és más videó-megosztók filmjei között is nagy számban szerepelnek a tanításban jól használható filmek. Az adott tananyagrésznél feladatként adható, hogy keressenek a diákok olyan filmeket, fényképeket, amelyek illusztrációi lehetnek az éppen tanított, aktuális fizikai jelenségnek. **Célszerű itt is úgy megfogalmazni a feladatot, hogy maguk a diákok értelmezzék és magyarázzák el a filmekben látottakat.**

A nagy sebességgel történő képrögzítéssel (másodpercenként akár több ezer felvétel is lehet) azokat a folyamatokat is láthatóvá lehet tenni, amelyek egyébként szabad szemmel nem észlelhetők. Az ütközések során bekövetkező rendkívül nagy erőhatások számos sportágban jól látható módon megjelennek (pl. teniszlabda összelapulása a teniszütőn, fejelés során a labda összelapulása, stb.)

Nagy fényerejű, rövid ideig tartó felvillanások közönséges fényképezőgéppel is általában jól fényképezhetők. A mellékelt ábrán szikrainduktor látható működés közben. Az expozíciós idő alatt folyamatosan, több szikracsatorna is létrejött, amelyek egyetlen képen rögzültek.



A multimédia anyagok a vizuális elemeken kívül az animációkat és az interaktív megoldásokat is gyakran tartalmazzák. Az alábbiakban néhány olyan internetes hivatkozást gyűjtöttünk össze, amelyek a fizika órák anyagainak összeállításánál várhatóan jól használhatók. **Az órai munkák során akár tananyagként is feladhatjuk egy-egy webhely anyagának megtekintését, amelyről szóban, vagy rövid írásos anyagban kérhetünk visszajelzést.**

A nagy kutatócentrumok rendszeresen készítenek olyan segédanyagokat, amelyek alkalmasak arra, hogy az oktatásban az érdeklődést az adott szakterületre irányítsák. A sajtó és az elektronikus média hírtértékű eseményei, tudományos hírek (pl. Mars-szonda, üstökösök kisbolygók megjelenése a Föld körül, ionhajtóműves űrszonda, nanotechnológiai újdonságok, stb.) természeti jelenségekről szóló híradások (pl. földrengés, tornádó, vulkánkitörés, stb.) szintén lehetőséget adnak a fizika iránti érdeklődés felkeltésére. A HUBBLE űrtávcső képei, oktatási célokra készült videók letölthetők a SPACETELESKOPE honlapjairól.

http://www.nasa.gov/audience/foreducators/index.html	NASA
http://www.esa.int/Education	ESA
http://www.iris.edu/seismon/	Földrengésjelzés (online)
http://www.spacetelescope.org/videos/	HUBBLECAST (videók)

A fizika történetének ismerete szervesen kapcsolódik a fizika tanításához. A világhálón felfedezések és ezekhez kapcsolódó történetek, anekdoták nagy számban találhatók. A fizikai Nobel-díjasokról, a papírpénzeken szereplő világhírű fizikusokról egyaránt találunk cikkeket. Elektronikus lexikonokból a tudománytörténet minden alakjáról kaphatunk információt.

http://nobelprizes.com/nobel/nobel.html	Nobel díj
http://www2.physics.umd.edu/~redish/Money	Fizikusok arcképe pénzen
http://www.aip.org/history/web-link.htm	Fizikatörténet
https://www.ted.com/topics/physics	TED
http://mindentudas.hu/	Mindentudás Egyeteme

A világhálón keresztül elérhető lényegében minden magyarországi könyvtár. A könyvtári Internetes szolgáltatások között szerepel elektronikus könyvek elérési lehetősége. A Magyar Elektronikus Könyvtár (MEK), nagy számban tartalmaz fizika témájú letölthető anyagokat. Hasonló módon elérhetők a TÁMOP (Társadalmi Megújulás Operatív Program) pályázatok keretében írt tananyagok. A felsőoktatási intézmények, kutatóhelyek számára néhány éve biztosított, hogy a tudományos folyóiratok cikkeit elektronikus formában letöltse a felhasználó (Elektronikus Információs szolgáltatás = EISZ). Ezek között számos fizika tanításával kapcsolatos folyóirat is található. A matematika és fizika tanításában nagy segítséget jelent a Középiskolai Matematikai és Fizikai Lapok (KÖMAL), világhálón át történő elérése. A kitűzött feladatok, versenyek állása több évtizedre visszamenőleg nyomon követhető. A Fizikai Szemle cikkei és ezen belül a módszertannal kapcsolatos dolgozatok folyamatos továbbképzést, új információkat jelenthetnek.

http://mek.oszk.hu/html/termeszeti.phtml	MEK
http://www.tankonyvtar.hu/hu	Tankönyvtár (TÁMOP)
http://komal.elte.hu	KÖMAL
http://fizikaiszemle.hu/	Fizikai Szemle

Diákjainknak javasolhatjuk a fenti honlapok megtekintését, ezekhez kapcsolódó rövid beszámolók, kiselőadások tartását.

PROBLÉMAELEMZÉS

Az informatika tárgy keretén belül a tehetséges hallgatók megismerhetik és elsajátíthatják a számítógépes programozás elemeit és a fontosabb számítógépes algoritmusokat. **A matematika és fizika számos olyan példát kínál, amely csak numerikusan, számítógép segítségével oldható meg.** Fakultáción, szakkörön, egyéni munka kapcsán válogathatunk e feladatok közül.

A fizikán belül két nagy terület kínálja magát. Az egyik **a mozgásegyenletek megoldása** az erőfüggvény ismeretében. A másik problémakör: **véletlen folyamatok szimulációinak vizsgálata.**

Az érdeklődő tanulóink számára ajánlhatók ezek az egyszerű módszerek, amelyek a kinematika tanításához közvetlenül kapcsolhatók

Euler-módszere, tömegpont mozgásegyenletének megoldására

A legegyszerűbb numerikus eljárás az úgynevezett az Euler-módszer („egyszerű léptető módszer”), amelynek leírása több gimnáziumi tankönyvben is szerepel.

Közelítő eljárás az $\ddot{\mathbf{r}}(t) = \mathbf{a}(t, \mathbf{r}, \mathbf{v})$, $\mathbf{r}(0) = \mathbf{r}_0$, $\mathbf{v}(0) = \mathbf{v}_0$ mozgásegyenlet megoldására:

- Osszuk fel a $[0, t]$ intervallumot N egyenlő részre, az osztásköz: $\Delta t = t / N$, rögzített kis érték.
- A hely és a sebesség változását tekintjük egyenletesnek a $[t_i, t_{i+1}]$ intervallumokon.
- Az első lépés után a kinematikai jellemzők a következő módon állíthatók elő

$$t_0 = 0$$

$$\mathbf{a}(0) = \mathbf{a}[0, \mathbf{r}(0), \mathbf{v}(0)] \quad \rightarrow \quad \mathbf{a}_0 = \mathbf{a}[0, \mathbf{r}_0, \mathbf{v}_0]$$

$$\mathbf{r}(\Delta t) = \mathbf{r}(0) + \mathbf{v}(0) \cdot \Delta t \quad \rightarrow \quad \mathbf{r}_1 = \mathbf{r}_0 + \mathbf{v}_0 \cdot \Delta t$$

$$\mathbf{v}(\Delta t) = \mathbf{v}(0) + \mathbf{a}(0) \cdot \Delta t \quad \rightarrow \quad \mathbf{v}_1 = \mathbf{v}_0 + \mathbf{a}_0 \cdot \Delta t$$

$$t_1 = t_0 + \Delta t$$

- A kinematikai jellemzők a következő módon állíthatók elő az $(i+1)$ -edik lépés után

$$\mathbf{a}_i = \mathbf{a}[t_i, \mathbf{r}_i, \mathbf{v}_i]$$

$$\mathbf{r}_{i+1} = \mathbf{r}_i + \mathbf{v}_i \cdot \Delta t$$

$$\mathbf{v}_{i+1} = \mathbf{v}_i + \mathbf{a}_i \cdot \Delta t$$

$$t_{i+1} = t_i + \Delta t$$

A fenti algoritmus számítógépen, adott programnyelven történő megvalósítása nem túl nehéz feladat. Programozható grafikus kalkulátor segítségével is eredményt lehet elérni. Megoldható problémák szép számmal adódnak. Néhány klasszikus probléma, az egyenes mentén történő mozgások közül:

- **Rezgések vizsgálata (csillapítási tényezővel)**
- **Gyorsuló mozgás közegellenállással**
- **Közegellenállási erő hatása a hajítási pályára.**
- **Kényszerrezgés vizsgálata**

A gravitációs erő hatása alatt mozgó test esetében a síkbeli mozgásegyenlet az

$$\ddot{x} = -\frac{\gamma \cdot M}{(x^2 + y^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot x \quad , \quad \ddot{y} = -\frac{\gamma \cdot M}{(x^2 + y^2)^{\frac{3}{2}}}$$

formában írható fel. Vegyük a következő kezdeti érték problémát:

$$\mathbf{r}(0) = \begin{bmatrix} x_0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{v}(0) = \begin{bmatrix} 0 \\ v_0 \end{bmatrix}.$$

Az „egyszerű léptető módszer” alkalmazásával, alkalmas paraméterek választása mellett, szépen kirajzolódnak a bolygómozgás ellipszis-pályái.

Az eljárás pontossága javítható, ha a mozgást az adott szakaszokon állandó gyorsulásúnak tekintjük és az

$$\begin{aligned} \mathbf{a}_i &= \mathbf{a}[t_i, \mathbf{r}_i, \mathbf{v}_i] \\ \mathbf{r}_{i+1} &= \mathbf{r}_i + \mathbf{v}_i \cdot \Delta t + \frac{1}{2} \cdot \mathbf{a}_i \cdot \Delta t^2 = \mathbf{r}_i + \frac{(\mathbf{v}_i + \mathbf{v}_{i+1})}{2} \cdot \Delta t \\ \mathbf{v}_{i+1} &= \mathbf{v}_i + \mathbf{a}_i \cdot \Delta t \\ t_{i+1} &= t_i + \Delta t \end{aligned}$$

összefüggésekkel közelítjük a megoldást.

Módosított Euler-módszer

A fenti közelítés pontossága jelentősen javítható avval, ha a $[t_i, t_{i+1}]$ intervallumon a függvénygörbe alatti területeket (egyenes menti mozgást elképzelve) nem téglalapokkal, hanem trapézokkal közelítjük.

$$\mathbf{r}_{i+1} = \mathbf{r}_i + \frac{(\mathbf{v}_i + \mathbf{v}_{i+1})}{2} \cdot \Delta t \quad , \quad \mathbf{v}_{i+1} = \mathbf{v}_i + \frac{(\mathbf{a}_i + \mathbf{a}_{i+1})}{2} \cdot \Delta t$$

Sajnos $\mathbf{r}_{i+1}$, $\mathbf{v}_{i+1}$ megkeresése nem egyszerű, mivel az $\mathbf{r}_{i+1}$, $\mathbf{v}_{i+1}$, $\mathbf{a}_{i+1}$ hármának a fenti két egyenlet mellett, még az $\mathbf{a}_{i+1} = \mathbf{a}[t_{i+1}, \mathbf{r}_{i+1}, \mathbf{v}_{i+1}]$ feltételnek is eleget kell tennie.

Az első lépésben alkalmazzuk az Euler-módszert $\mathbf{r}_{i+1}$, $\mathbf{v}_{i+1}$ közelítő meghatározására:

$$\begin{aligned} \mathbf{a}_i &= \mathbf{a}[t_i, \mathbf{r}_i, \mathbf{v}_i] \\ \mathbf{r}_{i+1}^{Euler} &= \mathbf{r}_i + \mathbf{v}_i \cdot \Delta t \\ \mathbf{v}_{i+1}^{Euler} &= \mathbf{v}_i + \mathbf{a}_i \cdot \Delta t \end{aligned}$$

ezeket „prediktor” értékeknek nevezzük. Ezek felhasználásával közelítsük a gyorsulás értékét a t_{i+1} időpillanatban:

$$\mathbf{a}_{i+1}^{Euler} = \mathbf{a}(t_{i+1}, \mathbf{r}_{i+1}^{Euler}, \mathbf{v}_{i+1}^{Euler})$$

majd ezt felhasználva vegyük a „pontosított” értéként az

$$\mathbf{r}_{i+1} = \mathbf{r}_i + \frac{(\mathbf{v}_i + \mathbf{v}_{i+1}^{Euler})}{2} \cdot \Delta t = \mathbf{r}_i + \mathbf{v}_i \cdot \Delta t + \frac{1}{2} \cdot \mathbf{a}_i \cdot \Delta t^2$$

$$\mathbf{v}_{i+1} = \mathbf{v}_i + \frac{(\mathbf{a}_i + \mathbf{a}_{i+1}^{Euler})}{2} \cdot \Delta t$$

eredményeket.

Tanulságos összevetni a két módszer hibáját. Erre alkalmasak lehetnek olyan mozgások, amelyeknek pontosan ismerjük az elmozdulás-idő függvényét.

Véletlen folyamatok

Az erőhatások gyakran nem írhatók le ismert erőfüggvényekkel. Ennek a problémakörnek talán a legismertebb példája a *Brown-mozgás*. Egy folyadékban mozgó (gömbszerű) festékszemcse mozgásegyenletében a közeg által kifejtett közegellenállási erő mellett megjelenik a festékszemcsékre ható, a folyadékmolekulák által kifejtett $\mathbf{F}(t)$ erő.

Sebességgel arányos közegellenállási erőt feltételezve az m tömegű test mozgásegyenlete (a mozgásegyenlet szempontjából, tekintsük egyenes mentének a mozgást):

$$m \cdot \ddot{x} = -\mu \cdot \dot{x} + F_x(t)$$

alakú, ahol az $F_x(t)$ erő pozitív és negatív értékű, igen gyorsan változó függvénye az időnek. A molekulák ütközése az apró testtel egy időben előre nem meghatározható (nem determinisztikus) erőfüggvényt eredményez. Ebből az adódik, hogy festékszemcse mozgása ide-oda történő apró lépések összegeként áll elő.

A Brown mozgás problémaköre jól tükrözi, hogy a fizikában, de más – a természettudományokkal összefüggő – területeken is nagy számban adódnak hasonló jellegű, véletlen jelenségekkel kapcsolatos problémák. A számítógéppel elvégzett „kísérletek”, szimulációk meghatározóak a tudományos kutatásokban. A véletlenszerű bolyongás problémája számítógéppel egyszerűen megvalósítható. A szimuláció sokszor elvégezhető, és ellenőrizni lehet azt is, hogy a szimulációk eredménye az esetleges elméleti eredményekkel mennyire egyezik meg. A számítógépes szimulációk egy része olyan, hogy a valóságban nincs is lehetőség arra, hogy közvetlenül, – valódi kísérlettel – vizsgálhassuk a jelenséget.

A véletlen jellegű eseményeknél, a szimulációknál meghatározó szerepet kap a számítógépek úgynevezett véletlen-szám generátora. A legtöbb programnyelvben megtalálhatók azok a parancsok, amelyekkel például adott intervallumon lehet egyenletes eloszlású véletlen számokat generálni. (Mivel a számítógép minden esetben egy algoritmus alapján dolgozik, az így előállított számok, úgynevezett pszeudo-véletlen számok.)

A Brown mozgás számítógépes szimulációja viszonylag egyszerűen elvégezhető. Véletlenszerűen kiválasztva irányokat, N lépésből álló bolyongási görbéket kell generálni. A mozgás közben egyszerűen megjeleníthető a számítógép képernyőjén is.

A programozás iránt érdeklődők számára néhány további példa:

- **Véletlenszerűen lökdösött inga.**
- **Forgalmi dugók modellezése.**
- **Kaotikus jelenségek, komplex rendszerek.**
- **Fraktálok.**
- **Sejtautomaták, életjátékok, mintázatképződések.**

http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/	NTNUJAVA (-2011) <u>Fu-Kwun Hwang</u>
http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/index.html	NTNUJAVA (-2000) <u>Fu-Kwun Hwang</u>
http://www.walter-fendt.de/ph14d/	<u>Walter Fendt</u>
http://physics-animations.com/	<u>Physics Animation</u>
http://www.colorado.edu/physics/2000/cover.html	<u>PHYSICS 2000</u>
http://webphysics.davidson.edu/Applets/Applets.html	<u>PHYSLETS</u>
http://www.physics.uoguelph.ca/applets/Intro_physics/kisalev/	Interaktív fizika <u>Sergey & Tanya Kiselev</u>
http://www.kettering.edu/~drussell/demos.html	Rezgésstan, Hullámtan Dan Russell
http://phet.colorado.edu/new/index.php	PhET (Physics Education Technology)
http://www.um.es/fem/EjsWiki/	EJS (Easy Java Simulations)
http://www.opensourcephysics.org/	OSP (Open Source Physics)
http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termeszet tudomanyok/fizika	Sulinet Digitális Tudásbázis (SDT)

A szimulációs programok használatával jól kiegészíthetők a szokásos tanulási formák és kísérletek. Az interaktív, játékszerű feldolgozás lehetővé teszi, hogy a tanulók saját maguk fedezzék fel összefüggéseket a természet törvényei között.

A szimulációs programok kiegészítői lehetnek a kísérleteknek. Az osztályteremben megvalósítható kísérleteket azonban soha nem pótolhatják

A szimulációs programok nagyszerű lehetőséget biztosítanak a tanulónak az önálló felfedezésekre. Ehhez otthoni munka keretében javasoljunk programokat, amelyeket a tanulók akár **kiselőadás formájában** mutathatnak be, akár úgy adhatnak be, mint egy laboratóriumi jegyzőkönyvet. A **jegyzőkönyvet** készíthetik például WORD *.doc formátumban. A szimulációs eredményeket egy **PrtSc** (Print Screen) lenyomásával képként rögzíthetik, majd egy **Ctrl-V** (Paste) paranccsal a dolgozatba tudják illeszteni.

További feladatként elképzelhető, ha tanulóinktól azt kérjük, hogy **adott jelenséghez, kísérlethez kapcsolódva keressenek az Interneten szimulációs programokat**. Próbálják ki a programokat, minősítsék őket, mutassák be az általuk legjobbnak tartottakat.

SZÁMÍTÓGÉP ISKOLAI KÍSÉRLETEKBEN

A számítógéppel, grafikus kalkulátorokkal, és a hozzájuk kapcsolt érzékelőkkel, valamint a különböző adatgyűjtésre alkalmas eszközökkel számos fizikai jelenség vizsgálható. Ezek az eszközök alkalmasak mind csoportos, mind egyéni munka keretében történő kísérletezésekre.

A számítógéppel megvalósított iskolai kísérletek lehetnek:

- előadási- demonstrációs,
- laboratóriumi, szakköri mérőkísérletek, tanulókísérletek.

Számítógépes demonstrációs kísérlet: Rövid időtartamú, jól látható, a jelenség lényegét érintő, törvényt igazoló kísérlet. Néhány kísérlet, amely ebbe a csoportba tartozhat:

- gyorsuló mozgás $s(t) \sim t^2$ összefüggésének igazolása (a nehézségi gyorsulás mérése)
- rezgőmozgásnál annak igazolása, hogy a gyorsulás a kitéréssel arányos
- hang terjedési sebességének, frekvenciájának mérése
- kondenzátor feltöltődési folyamatának vizsgálata

Osztálytermi, hosszabb időt igénylő mérési kísérletek:

- gáztörvények, felmelegedési és lehülési folyamatok vizsgálata
- ütközések vizsgálata

Tanulók által végzett tanulói-kísérlet, önálló kutatási projekt: Szakköri munka, versenyre történő felkészítés, tehetséggondozás keretében találkozhatnak a diákok iskolában vagy otthon elvégzendő kísérletekkel.

Néhány olyan verseny, amelyen a kísérleti munka és elmélet együttese képezi a feladatot:

- KÖMAL fizika rovatának kísérleti feladatai.
- OKTV harmadik, kísérleti fordulója. Az elmúlt években számos olyan feladat került kitűzésre, amely a számítógéppel (mikrovezérlőkkel) megvalósított kísérletek csoportjába tartozik.
- Károly Iréneusz Fizika Tanulmányi Verseny kísérleti feladatai, amelyekről dolgozatot kell a verseny előtt beküldeni (<http://www.ovegesegylet.hu/versenyek>).
- IYPT: Ifjú Fizikusok Nemzetközi Versenye (International Young Physicists' Tournament) kísérleti feladatai (<http://metal.elte.hu/~dlab/>).
- ICYS: Ifjú Kutatók Nemzetközi Konferenciája (International Conference of Young Scientists) kísérleti feladatai (<http://metal.elte.hu/~dlab/>).

Megjegyzés: Az utóbbi két versenyre történő felkészítés több évtizede az ELTE, Anyagfizikai Tanszékén történik. **A kísérletek elvégzéséhez, kiértékeléséhez speciális mérőeszközök és programok állnak rendelkezésre. Ezen munkák során a tanulók megismerhetik a tudományos kutatásokban is használt programokat, dolgozhatnak speciális adatgyűjtőkkel és célszoftverekkel.**

A számítógépet a kísérleti vizsgálatokban, mint mérő-, vezérlőeszközt használjuk. A kísérleti összeállításban alkalmas érzékelők (szenzorok) fogják fel és továbbítják azokat a jeleket, amelyek az éppen zajló jelenség pillanatnyi állapotait jellemzik. Ezek a jelek egy közbülső (interfész-) egységen áthaladva, a számítógép számára alkalmas, fogadható formába kerülnek. A gép érzékeli, dekódolja ezeket a jeleket, majd tárolás, további adatfeldolgozás, esetleg megjelenítés mellett az interfészegységen keresztül utasítást is adhat a kísérleti körülmények megváltoztatására.

Az oktatásban nagyszámú, különböző típusú és felépítésű számítógép található. A kisméretű adatgyűjtők önálló mikroprocesszorral rendelkeznek, képesek az adatok tárolására, az időadatokkal együtt. Kiolvasás után ezek a számítógépbe kerülnek, ahol a grafikus, táblázatos megjelenítést a mérőeszközhöz adott szoftverrel lehet megvalósítani. Az adatok legtöbbször egyszerűen átvihetők más feldolgozó, megjelenítő programokba is, mivel az adatfájl kiterjesztések között



a *.csv és *.xls is gyakran szerepel. Az adatgyűjtők néhány típusánál cserélhető memóriakártyára kerül a mérési eredmény. Ekkor kártyaolvasó segítségével, egyszerű fájlmozgatással vihető át az adatsor a számítógépbe.

Az ábrán látható (kereskedelmi célú) adatgyűjtő a hozzá csatlakoztatott fogyasztó áramfelvételét méri az idő függvényében. A készülékhez adott program segítségével a teljesítményadatok megjeleníthetők. Néhány egyszerű probléma, amelynek kapcsán mérés és számolás együtt végezhető a tanórán:

- **Mennyibe kerül egy liter víz felforralása?**
- **Hagyományos monitor és TFT (LED) kijelző fogyasztásának összehasonlítása.**
- **Világításhoz szükséges teljesítmény-felvétel lámpáknál (wolframszál, kompakt fénycső, LED).**
- **Készenléti üzemmódban hagyott eszközök (TV, számítógép, router, irányfény, stb.) évi energiafogyasztásának becslése.**

A tudatos energiafogyasztás kialakításában a fenti és hasonló kérdések megválaszolása sokat segíthet.

A fenti készülék egy jó példa arra (és ez a legtöbb kisméretű adatgyűjtőre is igaz), hogy segítségükkel **a diákok otthon saját méréseket végezzenek**, különböző jelenségek vizsgálata kapcsán. A digitális kijelzésű hőmérők, a hőmérséklet és páratartalom egyidejű mérését lehetővé tevő eszközök a kereskedelemben viszonylag olcsó áron beszerezhetők. Ezekhez az egyszerű adatgyűjtőkhöz számos érdekes kérdés, projekt munka kapcsolható:



- **a külső környezet, illetve lakás hőmérsékletének, páratartalmának mérése, több hetes időtartamban**
- **lakótér felmelegedésének időfüggése a fűtés bekapcsolása után**
- **a lakás egyes szobáinak kihűlési görbéje, a külső hőmérséklettel és nyílászárókkal való kapcsolatok vizsgálata**
- **egy pohár forró folyadék lehűlési görbéjének felvétele**
- **fixírsó túlűtési görbéjének felvétele**
- **olvadási, fagyási folyamatok vizsgálata**

A fenti kísérletek mindegyike viszonylag hosszú időt vesz igénybe. Indokolt, hogy otthoni, vagy szakköri munka során történjen a mérési adatok rögzítése. **A fent említett feladatok mindegyike a hagyományos fizika tananyagon túlmenő ismereteket is tartalmaz, ezért kiemelten szakköri, csoportos munkára ajánlhatók.**

Az adatgyűjtők mellett a legtöbb fizikai mennyiség mérésénél is elektronikus megoldásokkal találkozhatunk. A távolság mérésére alkalmas digitális kijelzésű tolóméter, illetve lézeres távolságmérő viszonylag olcsón beszerezhető a kereskedelemben. Az infra-táv hőmérő a hőtani kísérletek egy részénél lehet hasznos. A lakatfogó nevű eszközzel pedig úgy lehet egy vezetékben folyó áramot megmérni, hogy nem szakítjuk meg az áramkört. **A diákok ezeket az eszközöket első használatuk során általában nagy érdeklődéssel fogadják. Számos**



egyszerű feladatot lehet megfogalmazni az eszközökkel kapcsolatosan, amelynek során megtanulják a működés alapelvét és magának az eszköznek a használatát.

Az elektromos feszültség mérésére számos gyártó kínál különböző USB-s eszközöket. Ezek általában több bemeneti ponttal rendelkező A/D átalakítók. Az eszközhöz adott program, illetve könyvtári csomagok saját fejlesztésekhez is használhatók. Az ábrán látható egy viszonylag egyszerű, négycsatornás adatgyűjtő, másodpercenként kb. 100 mérést végez. **Az indukciós kísérleteknél, RLC körök be és kikapcsolási jelenségeinek vizsgálatánál, és még számos területen jól használható szakköri-, illetve demonstrációs-kísérletezésben.**



Grafikus kalkulátor és adatgyűjtők

A zsebszámológépek néhány típusa nagyméretű LCD kijelzővel rendelkeznek, és ezek már legtöbbször saját nyelven is programozhatók.

A TEXAS INSTRUMENTS cég iskolai célokra fejlesztett gépei (TI grafikus kalkulátorok) számos országban széles körben használatosak. Ennek egyik oka, hogy a gépek (saját nyelven) programozhatók. Ezeket a programokat egy csatoló-kábel segítségével (közvetlenül) egymással is meg tudják osztani a fejlesztő diákok és tanárok. A gépeket használók az Interneten nagy látogatottságú közösségi fórumokat hoztak létre. Magyarországon a T³ projekt (T³ = Teachers Teaching with Technology) keretében több középiskola is hozzájutott ezekhez a gépekhez, amelyeket mai is szívesen használnak.

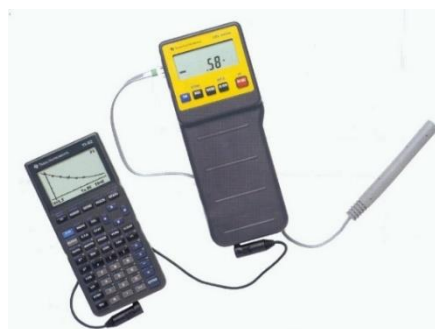
A TI83-as típustól fölfelé a kalkulátorok képesek egy CBL névre hallgató adatgyűjtővel kommunikálni. A CBL is a TEXAS cég terméke amelyet kimondottan ehhez a gépcsaldához terveztek, és amelynek segítségével a természettudományok összes területén számos kísérlet elvégzésére nyílik lehetőség.

A CBL (Calculator-Based Laboratory) egység egy önálló mikroprocesszorral, memóriával, kijelzővel rendelkező adatgyűjtő készülék, amely több csatornán keresztül képes kommunikálni a környezettel.

Hordozható, méretét, formáját tekintve hasonlít egy sima kalkulátorhoz.

Az analóg és digitális csatornákon keresztül a CBL-hez különféle érzékelők és vezérlő-egységek kapcsolhatók, amely után az eszköz a legkülönbözőbb fizikai paraméterek mérésére alkalmassá válik (feszültség, ellenállás, hőmérséklet, fényerősség, stb.). Egy speciális ultrahangos érzékelőt kapcsolva a CBL egyik bemenetére, az eszköz mozgó tárgyak helyzetének megállapítására is képes, így segítségével számos kinematikai alapkísérlet elvégezhető.

A CBL rendszer hasznos lehet az osztályteremben olyan kísérletek elvégzése során, melyeket az eddigi mérőberendezésekkel nem lehetett kivitelezni. A CBL és a grafikus számológép segítségével közelebb vihető a fizika más természettudományi tárgyakhoz és a matematikához is. Összetett mérőkísérletek esetében a programozás iránt érdeklődő hallgatók saját maguk írhatnak mérő-vezérlő programot, amely a CBL-hez kapcsolt eszközöket felügyeli. A készülék kompakt jellege miatt otthoni, (terepi) mérések elvégzésére



is használható. A CBL-hez a nagyszámú, különböző feladatra kifejlesztett szenzor kapható, így a kémia és biológia tanításánál is jól használható.

Egyéni fejlesztésekhez eszközök

A számítógépes kísérletek alapját képező szenzor-interfész egységek otthoni, iskolai- keretek között is elkészíthetők. A műszaki, számítástechnikai szakirányú iskolák esetében sokszor nagy számban vannak ilyen munkákra fogékony diákok, akik szívesen vesznek részt elektronikai eszközök építésében, a hozzá szükséges működtető programok megírásában. A szaktanár számára tehát ez egy különleges lehetőséget is biztosít az informatikai és fizikai ismeretek együttes fejlesztésére. A továbbiakban bemutatunk néhány olyan eszközt, amelyek megkönnyíthetik ezeket az eszközépítő, fejlesztő, kísérletező munkákat.

USB csatlakozású fejlesztő próbapanel

A Velleman K8055 a számítógéppel történő kommunikáció elemeinek bemutatására, (gyakorlására) szolgáló interfész. Segítségével a kártyán levő különböző típusú bemeneteket, kimeneteket tudjuk olvasni, írni, programozni. A mellékelt ábrán látható eszköz néhány fontosabb jellemzője: **digitális bemenetek:** 5 csatorna, **digitális kimenetek:** 8 csatorna, **analóg bemenetek:** 2 csatorna, **analóg kimenetek:** 2 csatorna

A kit elemeiből rendelve és szerelten is kapható. Az első esetben a panelba kerülő alkatrészek elhelyezése, beforrasztása külön feladatot jelenthet a tanulóknak (tanárnak). Ebben egy részletes útmutató nyújt segítséget. Ezt követi az elkészült kártya tesztelése, amely a kártyához adott programok segítségével történik.

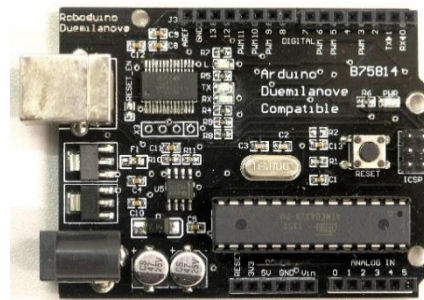
Az elkészült, tesztelt kártya már alkalmas különböző interfészek és vezérlők fogadására. A készletben levő CD több programnyelvhez tartalmaz könyvtári csomagokat, amelyekkel az egyes csatornák vezérlése megoldható. **Azoknak a diákoknak akik a programozás és a fizikai kísérletezés iránt egyaránt érdeklődnek nagyszerű egyéni munkaeszköz lehet, akár otthoni programozás lehetőségével is.**



Arduino

Az előző, egyszerű kártya és a rajta levő LED-es kijelzők elsősorban a számítógépes kommunikáció tanítására szolgálnak. Mérőeszközök létrehozásához néhány éve jelentek meg, viszonylag olcsón azok az elektronikai eszközök, amelyek nagy népszerűsége miatt szert mind a fejlesztők, mind az elektronika iránt csupán hobbiból érdeklődők között. Egy ilyen eszközcsalád az Arduino, amelynek több tagja is létezik, tudásuk és méretük alapján kategorizálva őket.

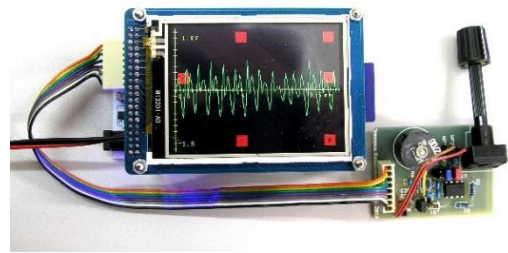
Az Arduino az Atmel AVR mikrovezérlőre (16 MHz, 8-bit), épülő szabad szoftveres fejlesztői környezet. Az USB csatlakozású alaplap-kártyán (Board) található maga a mikrovezérlő, amely nagyszámú I/O lábbal rendelkezik. A számítógépes csatlakozás biztosítja a kommunikációt a panellel, egyben biztosítja annak tápellátását, valamint a mikrovezérlő programozását. A kártyához további bővítő elemek (Shields) és szenzorok csatlakoztathatók.



A Java nyelven írt integrált fejlesztői környezet (IDE) segítségével programok írhatók, amelyeket az Arduino Board-ra tesztelés után fel lehet tölteni. Maguk a programok C/C++ alapú programozási nyelven írhatók. A leggyakoribb input/output műveletek programozásában az IDE részét képező programkönyvtár segít. A perifériák használata többnyire néhány egyszerű paranccsal megoldható.

A programmal feltöltött, működő eszköz a számítógépről leválasztható és a továbbiakban önállóan használható.

Önálló fizikai kísérletek megvalósításához számtalan modul és interfész áll rendelkezésre (pl. hőmérséklet-szenzor, ultrahangos távolságmérő-szenzor, motorvezérlő, TFT érintőképernyő, giroszkóp). Az Interneten található segédanyagok és megvalósított projektek tanulmányozása megkönnyíti az érdeklődők bekapcsolódását ezekbe a tevékenységekbe. **Iskolai alkalmazásokra is egyre több példát találhatunk.** Az eszköz egy különleges lehetőség az oktatás számára is. Segítségével már középiskolában megtanulható, hogy hogyan lehet valódi, működő számítógépes eszközöket, rendszereket építeni. A mellékelt ábrán a **2015-ös OKTV harmadik, kísérleti fordulójának a mérőeszköze látható.** (Arduinoval megvalósított oszcilloszkóp, rezgések összetételének tanulmányozásához).



Egykártyás számítógépek

Az egykártyás számítógépek között a Raspberry Pi (Banana Pi) rendkívüli népszerűségnek örvendenek. **A Raspberry Pi kifejezetten oktatási célokra készült, avval a szándékkal, hogy már a legfiatalabb generáció (gyerekek) számára is lehetővé tegye a számítógépes programozást, valamint a mérésvezérlés elemeinek összekapcsolását.**

A több éven át tartó fejlesztő munkát az University of Cambridge's Computer Laboratory, munkatársai végezték. A 2008-ban létrejött Raspberry Pi Alapítvány célkitűzése: a számítógépes és ehhez kapcsolódó tágabb ismeretek minél szélesebb rétegekben történő megismertetése. Mindezekre a Teach-Learn-Make hármasságban több példát is találunk az alapítvány honlapján (<https://www.raspberrypi.org/about/>). Az Interneten található közösségi fórumok, különböző projektek, konferenciák anyagai alapján az érdeklődők elindulhatnak a saját fejlesztéseik megvalósításában. Az eszközre a Windows 10 operációs rendszer is telepíthető.



Táblagépek, okostelefonok otthoni, iskolai kísérletezésben

A táblagépek és okostelefonok hordozható, kisméretű (gyakran PC funkcionalitású) számítógépeknek tekinthetők. A két eszköz közötti alapvető különbség talán a kijelző méretében, illetve a telefonálás lehetőségében rejlik.

Mindkét eszközcsalád esetében az alábbi kiegészítők, perifériák megléte alapkövetelménynek tekinthető: érintőképernyő, hangszóró, audio-csatlakozó, USB port, memória bővítés (micro SD), telefontál + SIM-kártya, Wi-Fi, Bluetooth, beépített kamera (kamerák). Belső szenzorok: GPS, gyorsulásmérő és a magnetométer, giroszkóp.

A hordozható eszközök Internetre csatlakoztathatók. A különböző gyártóktól származó készülékek általában különböző operációs rendszerekkel működnek. Az egyes készülékek minden esetben tartalmazzák a leggyakoribb Internet-szolgáltatások elérését biztosító programokat (e-mail, ftp, böngészők). A kamera segítségével pl. a QR-kódok olvashatók, amelyek a még gyorsabb (adatrögzítést), böngészést teszik lehetővé.

A táblagépek és okostelefonok egy részén a Google által kifejlesztett ANDROID (Linux alapú) operációs rendszer fut. Ezen operációs rendszernél a fent felsorolt, belső szenzorok megléte mindig teljesül.

A szenzorok állapotainak lekérdezéséhez programok szükségesek, amelyek közül számos letölthető a Google Play áruházból. **E programok segítségével meg lehet mérni például egy lejtőn leguruló kiskocsihoz rögzített készülék gyorsulását, vagy a készüléket elejtve a nehézségi gyorsulás értékét. Rugóra függesztve a készüléket a gyorsulás-idő grafikon, harmonikus jellegűnek adódik. Optikai, környezetfizikai kísérletekben (pl. felhősödés, napfogyatkozás) a fényerősséget mérő szenzor hasznosítható. Az elektromosságtanon belül pedig több alapjelenséget lehet említeni ahol a mágneses teret érzékelő szenzor kaphat szerepet.**

A szívverés ritmusát érzékelő, az adatokat Bluetooth-on keresztül az okostelefonra küldő szenzorok kaphatók a kereskedelemben. Futás esetében a GPS adatokkal kiegészítve pontos információt kaphatunk a kifejtett fizikai teljesítmény és szívverés szaporaságának kapcsolatáról. (Az okostelefon ebben a funkcióban, mint adatgyűjtő működik.)

Alacsony költségből építhető olyan interfész, amellyel lényegében bármilyen szenzor, illetve vezérelt egység Android-os telefonhoz kapcsolható. A lehetséges megoldás kulcsa a korábbiakban megismert Arduino. Az USB-s megoldáshoz egy Arduino Uno mellett szükség van egy átalakító kábelre is. Ennek segítségével lehet az Arduino egységet hozzákapcsolni a mikro USB bemenethez. Ezt követi a megfelelő, Androidos Arduino-vezérlő program telepítése.

Az Interneten és a Google Play-en több olyan alkalmazás található, amelyek fizikai, csillagászati jelenségek tanításánál jól használhatók. Három népszerű program:

Smart Tools: A telefon a szenzorok segítségével egyszerű mérőkészülékekkel alakítható. A program segítségével mérhető fizikai mennyiségek: szög, távolság (terület), hangerősség. További alkalmazások: iránytű, fém-detektor, rezgés-mérő, lámpa, nagyító, tükör, mértékegység-átváltás.

Google Sky Map: A program a csillagos égen történő tájékozódásban segít. A helyzetérzékelők és GPS segítségével a képernyőn megjelenő csillagképek összehasonlíthatók az égbolton látottakkal.

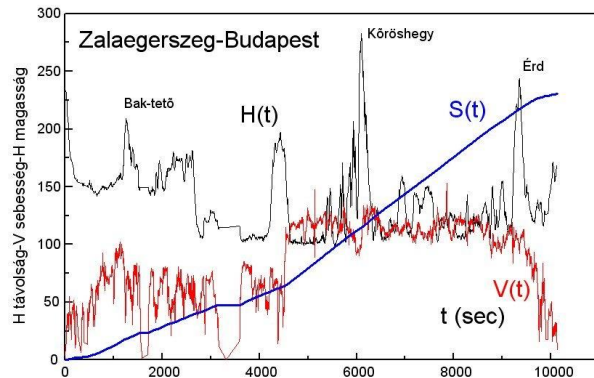
Pocket Physics: Fizikai alaptörvények gyűjteményének tekinthető. Ábrákkal, értelmezésekkel kiegészítve.

GPS alkalmazások fizika órákon

Androidos telefonokhoz számtalan olyan GPS program létezik az Interneten és a Google Play alkalmazások között, amelyek alkalmasak arra, hogy a diákok különböző jelenségekhez, fogalmakhoz, témakörökhöz kapcsolódva használják őket. **A kinematika alapfogalmainak (helykoordináta, út, átlagsebesség, pillanatnyi sebesség, stb.) elmélyítésénél jó szolgálatot tehet a GPS-szel rendelkező telefon, amellyel várhatóan több tanuló is rendelkezik. Önálló mérési feladatok, projektek is kitűzhetők olyan események kapcsán, mint biciklitúra, evezés, síelés, kirándulás a hegyekben.** A készülékre feltölthető különböző programokkal választ kaphatunk arra, hogy mekkora volt a legnagyobb sebességünk, kifejtett teljesítményünk,

mennyi munkát végeztünk. Egyszóval, megfelelő körülmények között hasznos mérőeszköz lehet a mobil-készülék. A „**MyTracks**” program a Google ingyenes nyomkövető programja Android telefonokra. Segítségével visszanezézhetjük, elemezhetjük, hogy a korábbiakban merre jártunk. A MyTracks program mozgás közben (autózás, futás, kerékpározás, stb.) rögzíti a helykoordináta-idő adatokat, amihez a mobiltelefon saját GPS vevőjét használja. A MyTracks képes külső szenzorokkal is együttműködni, ha az adott telefon ezt támogatja. (Ilyenek például a különböző Bluetooth-os szívritmus-mérők.)

A mobil-eszközökkel rögzített útvonalak a Google Maps térképre is átvihetők, és amennyiben a telefonon telepítve van a Google Earth program, akkor az útvonal a telefonon lejátszható.



Ezek a funkciók kínálják azt a lehetőséget, hogy a mozgások kinematikájának tanításánál használjuk is őket. Mivel a diákok nagy része rendelkezik ezekkel a mobil alkalmazásokkal, **otthoni munkaként akár azt is adhatjuk, hogy saját tapasztalataikat, méréseiket egy kisebb dolgozat formájában készítsék el.**

Video analízáló és modellező program

Az „Open Source Physics” keretében fejlesztett „Tracker” nevű program mozgások analízálását és modellezését hivatott segíteni. Telepítéséhez Java környezet szükséges, az ingyenes program teljes funkcionalitású.

A program néhány jellemzője:

- a kijelölt, mozgó test helyzetének automatikus megállapítása,
- tömegközéppont meghatározás,
- mérési eredményekhez függvényillesztés,
- a sebesség és gyorsulás-vektorok megjelenítése a pályagörbén,
- kapott mérési eredmények matematikai modellezése (pl. mozgásegyenletekkel).

Ezen túlmenően a programot fényforrások spektrumának és interferogramok intenzitás-eloszlásának vizsgálatánál is lehet használni. Ilyenkor az optikai kísérletből származó videón egy téglalap alakú tartományt kell megjelölni, amelynek intenzitás-eloszlását a program (az idő függvényében) folyamatosan képes a képernyőn megjeleníteni. **A programot javasolhatjuk diákjainknak otthoni telepítésre. A mozgásokkal kapcsolatos saját, mobiltelefonos video felvételek otthoni munkák során kiértékelhetők.**

Kísérletek hangkártya használatával

Az alábbi felsorolások a hangkártyák néhány felhasználási területét mutatják a fizikában:

- hanggenerátorként, függvénygenerátorként való alkalmazás,
- frekvencia mérése, hangsebesség mérése,
- hangminta elemzése (rezgések összetétele, felbontása),
- spektrum vizsgálata (hang-, beszédanalízis).

Az Interneten több alkalmazási területhez találunk közvetlen programokat. Egyes hanggenerátor programoknál akár különböző matematikai függvényekkel is meg lehet adni a kimeneti jelet. Léteznek a tanításban használható egyszerű programok (amelyek több operációs-rendszert is megélve képesek működni). **Az ingyenes programok között**

kiemelkedő képességekkel (és magyar menüvel) is rendelkezik az Audacity, amely nyílt forráskódú. A program a hang rögzítése után a legkülönbözőbb hangszerkesztési eljárásokat tartalmazza. A spektrum előállításához többfajta algoritmus is rendelkezésre áll. A felvett, vagy importált hangok adatként is elmenthetők *.txt, vagy *.csv formátumban. Ez megkönnyíti más ábrázoló, feldolgozó programok használatát az elemzésben.

Azok a szenzorok, amelyek egy adott fizikai mennyiséget közvetlenül feszültséggé alakítanak, (kis módosításokkal) hozzákapcsolhatók a hangkártya bemenetéhez. Ily módon akár hőmérsékletet, fényerősséget is lehet mérni, vagy éppenséggel mozgások vizsgálatára is lehet használni a hangkártyát.

A hangkártya programozásával elérhető, hogy a kártya kimenetén egy adott frekvenciájú és amplitúdójú jel jelenjen meg, amelyet (elektromos, vagy mechanikai) gerjesztésre használhatunk. Evvel párhuzamosan ugyancsak a hangkártyával lehet mérni az adott rendszerben a kialakuló választ. A vázolt módszer több kísérletben (pl. rezonancia) jól használható, így például szilárd anyagokban megmérhető a hang terjedési sebessége. **Az Audacity program segítségével számos kinematikai és hangtani kísérlet is megvalósítható akár otthoni munka keretében is, hiszen a mozgásokhoz (pl. ütközésekhez) tartozó hangeffektusok időbeli helyzete pontosan rögzíthető.**

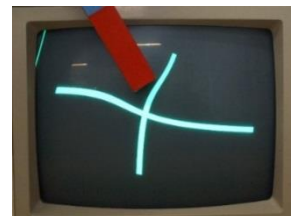
INFORMATIKAI ESZKÖZÖKHÖZ KAPCSOLÓDÓ KÍSÉRLETEK, FELADATOK

Tapasztalat szerint a diákok többsége szereti a számítógépeket, a különböző informatikai eszközöket. Ezt a természetes érdeklődést felhasználhatjuk, hogy a fizika tanítása során a feladatainkat, kísérleteinket ezekről a területektől válogatjuk. **Így az aktuális eszközök feladatok vagy kísérletek formájában bekerülhetnek a fizika órák tananyagába.**

A fizika tanítása során az adott tananyag-résznél, az Interneten (a fenti webhelyeken) elérhető információk alapján saját feladatokat, kísérleteket készíthetünk. A Zalaegerszegen évente megrendezésre kerülő **Izsák Imre Gyula Komplex Természettudományi Verseny (= ITV)** fizika feladatai között is számos hasonló példa található.

A továbbiakban ismertetett néhány kiválasztott egyszerű kísérlet és feladat elsősorban gondolatébresztésre szolgál. Ezek példát mutatnak arra, hogy **a jól megfogalmazott, technikai eszközökhöz kapcsolt ismeret beilleszthető a hagyományos tananyagok közé. Ez történhet szakköri munka, illetve egyéni feldolgozás keretében is.**

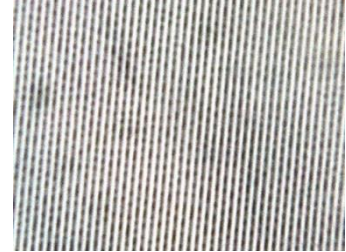
Lorentz-erő szemléltetése katódsugaras monitorral: A hagyományos, katódsugár-csöves monitorokban az elektronágyúból jövő elektronnyaláb eltérítése mágneses térrel történik. Külső mágneses tér alkalmazásával az elektronok eredeti pályagörbéikről eltéríthetők, mivel a Lorentz-erő hat az elektronnyalábban mozgó töltésekre. Vegyünk egy régi katódsugaras monitort, kapcsoljuk számítógéphez és egy néhány soros programmal rajzoltassunk ki egy alkalmas jelet, vagy alakzatot. Közelítsünk a képernyő felé egy rúd-mágnest, vagy a kereskedelemben kapható erős neodímium-mágnest. Figyeljük meg eközben a képernyőn levő alakzat torzulását



CD lemez mikroszkóp alatt: A CD és DVD lemezek az információt hordozó réteg egy vékony fólia, amely a polikarbonát lemezek egyik oldalán kerül felvitelre. Meglepőnek tűnik,

de közönséges optikai mikroszkóppal is láthatóvá tehetők ezek a lemezekon levő apró pontocskák (pit-ek).

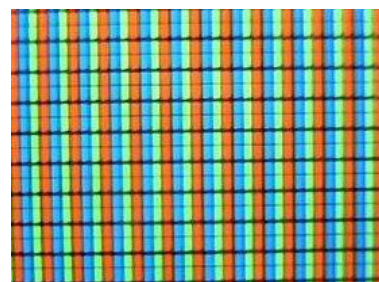
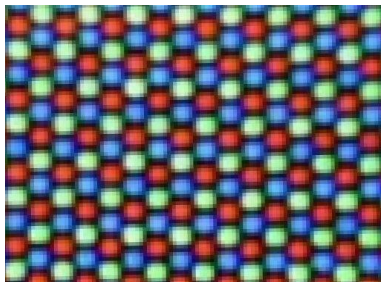
Ennek bemutatásához préselt CD-t használjunk. Egy régi, nem használatos lemezt erős ollóval vágjunk be, majd ide-oda hajtogatva elérhetjük, hogy a felületén levő fóliaréteg a polikarbonát hordozótól itt-ott, nagyobb darabokban is elváljék. Ragasszunk föl egy ilyen lemezdarabkát tárgylemezre, majd helyezzük (a legnagyobb elérhető nagyítás mellett) a mikroszkóp objektíve alá. (Elképzelhető, hogy erős fényű lámpával történő megvilágítás is szükséges ahhoz, hogy a mellékelt ábrán látható eredményt kapjuk.)



Monitorok vizsgálata: A számítógépek kijelzői színes képet adnak, felbontásuk elérheti az 1920×1080-as értéket is. Régebben katódsugaras monitorokat használtak, a hordozható számítógépeknél gyakran találkozunk TFT monitorokkal. A színes kép létrehozásánál, minden képpontnak (pixel) a színét a három alapszín: vörös (R-red), zöld (G-green), kék (B-blue) keverésével állítják elő.

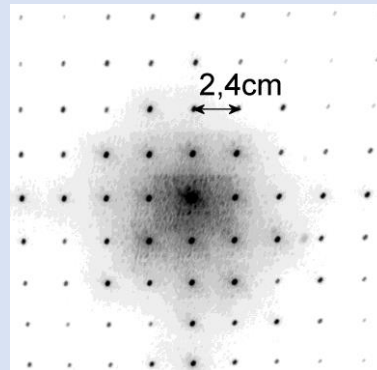
Szakköri feladatként például kitűzhető, hogy vizsgálják meg a diákok egy hagyományos, katódsugaras monitor és egy TFT monitor képernyőjét (pl. webkamerával és a Webcam Laboratory programmal).

Mikroszkóp-üzemmódban célszerű használni a kamerát és közel kell vinni a képernyőhöz, amennyire csak lehet. Egy ismert méretű tárgyat közvetlenül a képernyő elé helyezve, és lefényképezve a pixelekkal együtt, megállapítható a képpontok mérete és a képernyő felbontása.



DMD-chip vizsgálata (Izsák Imre Verseny, 2004)

Feladat: A mellékelt fényképen levő chip-et, úgynevezett digitális fényprocesszort (*DLP*) a *TEXAS INSTRUMENTS* cég szabadalmaztatta és gyártja. Peti, aki hallott az eszközről tudja, hogy a legújabb vetítőkben használják, és a chip apró tükröket tartalmaz, amelyek másodpercenként 5000-szer is képesek két állapotuk között átbillenni. Peti egy lézermutatóval, amelynek hullámhossza 633 nm , közel merőlegesen rávilágított a tükröző felületre és felfogta egy ernyőn a tükörről visszavert fényt. E képnek a negatívja látható a lenti, jobboldali ábrán.



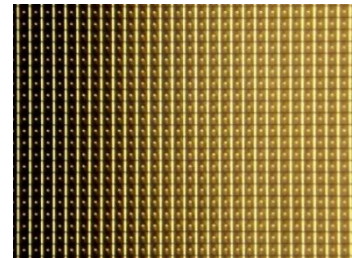
Az ábrák alapján határozzuk meg, hogy mekkora lehet a *DLP*-chipben levő tükrök mérete és száma, ha tudjuk, hogy az ernyő 50 cm -re volt a tükörtől. Hasonlítsuk össze a tükrök méretét egy hajszál vastagságával!

Megoldás:

Az ernyőn felfogott világos (jobb láthatóság miatt a kép negatívja lett mellékelve) pontok sokasága egy reflexiós rács elhajlási képe.

Rácsnál az első elhajlási rendre teljesül, hogy

$$d \sin \alpha = \lambda = 633\text{ nm}.$$



Az ernyő távolsága a rácstól 50 cm , az elhajlási képben látható négyzetrács rácsállandója $2,4\text{ cm}$. Az első erősítési irányt jellemző szögre

$$\tan(\alpha) = 2,4\text{ cm} / 50\text{ cm} = 0,0480 \Rightarrow \alpha = 2,75^\circ$$

adódik.

$$\text{Az ebből számolt rácsállandó: } d = \frac{\lambda}{\sin \alpha} \cong 13,2\text{ }\mu\text{m}$$

A tükörablak mérete $17\text{ mm} \times 9,5\text{ mm}$, ez megfelel kb. $1288 \times 720 = 927360$ tükörnek. (A valóságban $1280 \times 720 = 921600$ pontból áll a kép). A kép méretaránya $16:9 = 1280:720$.

Egy hajszál szélessége kb. $0,05\text{ mm}$ Erre kb. 4 tükör fér rá.

A továbbiakban ismertetett feladatokban közös az, hogy mindegyike egy-egy informatikai eszközhöz, vagy jelenséghez köthető. Tanórán először célszerű maguknak az eszközöknek a bemutatása (ahol ez lehetséges), majd ezt követően egyfajta problémafölvetésként beszélni a feladat háttéréről. Csak ezt követően foglalkozzunk (akár egyénileg, vagy közösen, együtt gondolkodva) a megoldás lépéseiről.

Kerületi sebesség, centripetális gyorsulás merevlemezeknél

Feladat: A kereskedelembe kapható merevlemez tárolókban (winchester) gyakran több lemez található, amelyek közös tengelyre vannak rögzítve. A lemezek $2R$ átmérője $3,5''$ körüli ($1''=2,54\text{ cm}$). A tipikus, alkalmazott fordulatszámok: $n=5400\text{ rpm}$, $n=7200\text{ rpm}$ ($1\text{ rpm}=1\text{ fordulat/perc}$). Az adattárolásra használt mágnesezhető korong belső sugara $2,2\text{ cm}$.

- Számítsa ki, hogy egy 250 Gb -os 7200 rpm -es merevlemezénél mekkora a forgó lemez szélének maximális sebessége és centripetális gyorsulása?
- Becsülje meg, hogy a lemez egy $1\text{ mm}\times 1\text{ mm}$ -es felületére legkevesebb hány A4-es gépelt oldal tartalma fér rá?

Megoldás: A 7200 rpm -es fordulatszám, másodpercenként 120 fordulatot jelent, a szögsebesség értéke: $\omega = 2\pi \cdot f = 7541/\text{s}$.

A merevlemez lemezeinek átmérője $3.5''$. A forgástengelytől a lemez felületének legtávolabbi pontjai az

$$R_K = 3,5 \times 2,54\text{ cm} / 2 = 4,45\text{ cm}$$
 sugarú korong szélén találhatók.

Az adatok tárolása a lemez mágnesezhető rétegében a mágnesezettség megváltoztatásával történik. Ez a mágnesezhető réteg egy merev korongra (pl. alumínium) kerül felvitelre. A korong adattárolásra még használt, belső részei a forgástengelytől $R_B = 2,2\text{ cm}$ távolságra találhatók

A korong szélén a kerületi sebesség értéke:

$$v_K = R_K \cdot \omega = 33,55\text{ m/s} \cong 120\text{ km/h}.$$

A korong szélén a centripetális gyorsulás értéke: $a_K = R_K \cdot \omega^2 = 25300\text{ m/s}^2$, amely hozzávetőlegesen 2500 g gyorsulásnak felel meg.

Az adatok tárolására használt körgyűrű területe

$$A = (R_K^2 - R_B^2) \times \pi = 61,6\text{ cm}^2 = 6160\text{ mm}^2,$$

amely alapján 1 mm^2 felületen kb. 40 Mbyte információ helyezhető el.

Gépelt oldalnak vegyünk egy 50 sorból és 80 oszlopból álló lapot, amely 4 kbyte adatmennyiségnek felel meg. Ebből adódik, hogy 1 mm^2 felületen hozzávetőlegesen tízezer oldal anyaga helyezhető el. Ez $20\text{-}50$ átlagos könyvnek felel meg.

A normál CD-n tárolható zenei felvétel hossza

Feladat: A normál CD-k általában 650 Mbyte kapacitásúak. A 20 kHz-es (emberi fül számára még hallható) zenei hangok sztereóban, 16 bites felbontásban történő átviteléhez legalább 150 kbyte/s („egyszeres”) átviteli sebesség (Data Transmission Rate) szükséges.

Megoldás: A legelső CD-olvasók a zenei tartalmú CD-k lejátszására készültek. Az emberi fül által még hallható, legmagasabb frekvenciájú hang $f_{\max} = 20 \text{ kHz}$ -es. Ha ezt mintavételezni szeretnénk oly módon, hogy a hangminta visszaállításakor a legmagasabb hallható frekvenciájú hangok is megfelelően szólaljanak meg, akkor a *Shannon-féle mintavételezési törvény* értelmében $f_{\text{mvf}} = 2f_{\max}$ kell, hogy teljesüljön. Ezért megállapodás szerint $f_{\text{mvf}} = 44100 \text{ kHz}$. A minták tárolása digitálisan 16 bit-es hosszúságban történik (65536 szint). A sztereo zene hangzása miatt két csatorna tárolása szükséges, ez pedig még egy 2-es szorzót jelent.

Az 1 másodperc alatt beolvasandó adat mennyisége ($DTR = \text{Data Transmission Rate}$):

$$DTR = \frac{2 \times 44100 \times 16}{8} \text{ byte / s} = 176400 \text{ byte / s} = 172.3 \text{ kBps}.$$

A valóságos átviteli sebesség a hibajavító kódolás miatt csak 150 kBps. („egyszeres” átviteli sebesség).

Ebből kiszámítható egy normál CD (ami kb. 680 MB kapacitású) által tárolható zene hossza ($PT = \text{Play Time}$)

$$PT = \frac{680 \times 1024 \text{ kB}}{150 \text{ kB/s}} = 4437 \text{ s} = 74 \text{ perc}.$$

A CD olvasó fordulatszáma

Feladat: Becsülje meg, hogy egy 2-szeres ($CLV = \text{Constant Linear Velocity}$) olvasónál mekkora a CD-lemez kerületén egy pontnak a sebessége és centripetális gyorsulása? (A CD lemeznél $R_k = 58 \text{ mm}$, $R_B = 25 \text{ mm}$)

Megoldás: Egyszeres sebességű olvasás esetén az adatátviteli sebesség

$$DTR(1) = 150 \text{ kBps} = 150 \times 81024 \text{ bit / s} = 1228800 \text{ bit / s},$$

vagyis 1 másodperc alatt 1228800 bitnyi adatnak megfelelő hosszúságú utat (L) kell befutnia a lemeznek az olvasófej alatt. A szomszédos pit-land átmenetek közötti minimális távolság

$\Delta s = 0,83 \mu\text{m}$, ezért a fej maximális sebessége az információs spirál fölött $v_1 = DTR_1 \times \Delta s = 1228800 \times 0,83 \mu\text{m} \cong 1,0 \text{ m/s}$. N -szeres sebességű olvasónál a fej sebessége

$$v_N \cong N \text{ m/s}. \text{ A fordulatszám a lemez külső szélén } (R = 58 \text{ mm}): f_N = \frac{v}{2\pi \cdot R} = \frac{N}{2\pi \cdot R} = 2,74 \times N$$

A feladatban szereplő 2-szeres sebességű CD olvasó esetében: $f_N \cong 5,5 \text{ s}^{-1} \cong 330 \text{ rpm}$.

A CD lemez szélén a centripetális gyorsulás értéke: $a_{cp} = v^2 / R = 17,2 \times N^2 = \text{m/s}^2$, amely a példa adata alapján hozzávetőlegesen 7 g gyorsulásnak felel meg.

Az elektromigráció jelensége, integrált áramkörök meghibásodása

A mikroelektronikában magas szintű megbízhatóságot kell fenntartani.. A napjainkban gyártott IC-k akár több 100 millió áramköri elemet tartalmazhatnak. A ma használatos áramköri elemeknek ezért a valaha is készített legmegbízhatóbb termékek közé kell tartozniuk. Meghibásodásuk sokszor egy nagyon alapvető, kikerülhetetlen jelenségnek az „*elektromigrációnak*” köszönhető. **(Tanóra keretében, az egyenáramok témakörénél jó kiegészítője lehet a hagyományos tananyagnak.)**

Tekintsünk egy l hosszúságú, A keresztmetszetű ρ fajlagos ellenállású, egyenes vezeték, amelynek két vége között U a feszültségkülönbség. A vezetékben I áram indul meg, Ohm törvénye alapján:

$$I = \frac{U}{\rho \cdot \frac{l}{A}} = \frac{E}{\rho} \cdot A \quad \Rightarrow \quad j = \frac{I}{A} = \frac{1}{\rho} \cdot E = \sigma \cdot E .$$

A huzalban fellépő j áramsűrűség értéke az adott pontbeli E elektromos térerősséggel és a σ vezetőképességgel arányos: $j = \sigma \cdot E$ (differenciális Ohm-törvény).

Ez egyben azt is jelenti, hogy olyan, mikroszkópikus méretű tartományok, amelyek például a környezetükhöz képest Δq töltéskülönbséggel rendelkeznek erőhatásnak vannak kitéve. Ez a töltéskülönbség a kristály bármilyen geometriai hibájánál (szennyező, vakancia, kis üreg, szemcsehatár) megjelenik. Az erőhatás az áramsűrűséggel arányos: $\mathbf{F} = \mathbf{E} \cdot \Delta q = (\rho \cdot \Delta q) \cdot \mathbf{j}$. Az olyan vezetékben, mint amelyeket a köznap életben alkalmaznak a legnagyobb áramsűrűség 10^3 – 10^4 A/cm² körül van. 1966-ban, az első integrált áramkör megjelenésekor az IC-ket 10 μ m, vagy annál is szélesebb csíkozással gyártották, amelyek ugyanakkor rendkívül vékonyak voltak (1 μ m). Hozzávetőlegesen 100 mA nagyságrendű áram folyt rajtuk keresztül. A fenti értékekhez tartozó áramsűrűség 10^6 A/cm², amely a hagyományos alkalmazásoknál megszokottakhoz képest legalább két nagyságrenddel nagyobb.

A vezetékek alumíniumból készültek, amelynek az olvadáspontja viszonylag alacsony (660 °C). Ebből adódóan a vezetékben már alacsony hőmérsékleten is gyors diffúzió indult meg. A nagyon vékony fém-film kis szemcséket tartalmazott és a nagy összfelületű szemcsehatárok mentén gyors atomi diffúzió jött létre. A nagy áramsűrűség és a gyors diffúzió együttes hatása a huzal illetve az IC gyors meghibásodásához vezetett.

Az **elektromigráció** a vezetési elektronok rácsatomokon történő szóródása során keletkező, impulzusváltozásból adódó tömegvándorlás. Az anyagvándorlás nyomán a vezeték egyes részein az anyag eltűnik, repedések, üregek keletkeznek. (Gyakran használt hasonlat: a nagy erősségű (j) elektronszél fújja, mozgatja az anyagot a huzalok belsejében) Más tartományokban, például a huzalok szélén kitüremkedések, könyökök keletkeznek. Az elektromigráció visszaszorítására tett technológiai lépések hatásosak voltak. A vezetékek szélessége azóta közel századára csökkent.

