

# fizikai szemle

AZ EÖTVÖS LORÁND FIZIKAI TÁRSULAT LAPJA

Alapította Eötvös Loránd 1891-ben Mathematikai és Physikai Lapok néven

XXXVI. évfolyam

1. szám

1986. január

## A FIZIKA LESZ-E A MODERN IDŐK LATINJA AZ ISKOLÁBAN?

Marx György  
ELTE Atomfizikai Tanszéke

“Az emberi történelem versenyfutás az iskola és a kataszt rófa között.”

(H. G. Wells)

“Ha jó volt öregapámnak és apámnak meg nekem is, akkor a fiam is elégedjen meg ennyivel.” — De sokszor mondták nekünk, és mondtunk mi is valami hasonlót kócos, ötletektől lelkes fiataloknak. Ez a megállapítás társadalmi bölcsességet fejez ki. Generációk követik egymást, de a műveltséget (az emberi együttélés évszázadok során kialakult normáit) tovább kell adni nemzedékről nemzedékre.

A társadalmi tapasztalat átvételének tradicionális módja a szülők utánzása (családi nevelés). Ez jól működött évezredek át. Az ipari forradalom azonban évszázadokról évtizedekre gyorsította a haladás

lépéseinek ütemét. (Embernek tódultak tanyákról városokba. Új technológiákat vezettek be. Az apáktól ellesett fogások többé nem voltak elegendők a fiúk munkájához.) Ezóta emlegetik a nagyapák: “Bezzeg az én időmben!”

Az iskola társadalmi vállalkozás a szociális reprodukció hatékonyabb megvalósítására. (A kötelező közoktatásban adták át a válogatott korszerű ismereteket a belépő nemzedéknek, így a haladás üteme elérhette a nemzedékváltás ritmusát. Az iskola a társadalmi haladás motorjává vált. Vagy talán az iskola lett a fék? I. táblázat)

A IUPAP Nemzetközi Fizikatanítási Bizottsága 1985-ben volt 25 éves. Ennek alkalmából kiadandó kötetbe kért tanulmány.

### A TRADICIONÁLIS OKTATÁS CÉLJA: A TÁRSADALOM REPRODUKCIÓJA

I. táblázat

1. A PROFESSZOROK — társadalmi felkérésre — kiválogatják a természettudomány azon elemeit, amelyeket szükségesnek és elegendőnek ítélnék a polgárok számára azok egész élete során.
2. A TANKÖNYVSZERZŐK megrágnak és leírják ezeket az ismereteket. Céljuk a reprodukció, ezért fő forrásmintájuk az előző tankönyv.
3. A TANÁROK a tényszerű ismeretek eme kiválasztott halmazát átadják tanítványaiknak előadás formájában. Tanártól diák felé az információáramlás egyirányú.
4. A DIÁKOK passzívan elfogadják és memorizálják ezeket az ismereteket. A feleltetés és vizsga során reprodukálják a tanár és a tankönyv mondatait. Utána mindezt gyorsan elfelejtik, hogy agyukban helyet teremtsenek a következő év tranziens ismeretei számára. A végén diplomát kapnak, amely arra jogosítja őket fel, hogy ne kelljen tovább tanulniuk.
5. A TUDOMÁNY azonban gyorsítja a műszaki haladást. Ipari és tudományos forradalmak zajlanak le, befolyásolva a politikát és a gazdaságot. A tankönyvszerzők keményen igyekeznek, hogy lépést tartsanak az igényekkel. Új meg új oldalakat csatolnak a tankönyvhöz, de ez nem okoz komoly pedagógiai gondot, hiszen úgysem jut idő azok megtanítására. Így szakadék nyílik aktív tudomány és iskolás tudomány között. A fiatalok elavultnak és érdektelennek találják az iskolai fizikát, csökken érdeklődésük a természettudomány iránt.
6. A PROFESSZOROK (egyetemi felvételin és államvizsgán) mind többet panaszkodnak, hogy az egyetemi hallgatók egyre kevesebbet tudnak a szükséges anyagból és egyre kedvetlenebbek. Ezután minden kezdődik előlről: GOTO 1.

## A NÖVEKEDÉS MODELLJEI

1. modell: a népességszám korlátlan exponenciális növekedés időben:  
 $N(t+1) = N(t) + T \cdot N(t)$ ,  
 ahol a  $T$  termékenység állandó. Exponenciális megoldás:  
 $N(t) = (1+T)^t N(0)$ .
2. modell: a növekedés határai:  
 $N(t+1) = N(t) + T(t) \cdot N(t)$ ,  
 ahol  $T(t) = A[1 - N(t)/K]$ .  
 A környezet  $K$  hordozóképessége állandó.  
 Megoldás:  $N(t)$  aszimptotikusan növekszik  $K$ -ig.
3. modell: túlnépesedés esetére környezetromlás.  
 $N(t+1) = N(t) + T(t) \cdot N(t)$   
 $T(t) = A[1 - N(t)/K(t)]$ ,  
 $K(t+1) = K(t)$ , amíg  $N(t) < K(t)$ ,  
 $K(t+1) = K(t) - B \cdot [N(t) - K(t)]$ ,  
 ha  $N(t) > K(t)$ .  
 Nagy  $A$  állandó esetén  $N$  és  $K$  egyaránt letörik.

Századunk második felében kritikus helyzet alakult ki. A tudományos ismeretek teljes mennyiségének megduplázásához rövidebb idő kell, mint egy évtized. A fejlett mezőgazdaság és a magasfokú technika (de még a modern városi háztartás is) műszaki jártasságot és természettudományos ismereteket igényel. A döntéshozóknak racionálisan kellene mérlegelni a jövőben várható fordulatokat, de ehhez hiányzik a szükséges egzakt tudás. Sok helyütt szakadék támadt politikusok és technokraták közt. A következmény: nem kevesen elidegenedtek mind a társadalomtól, mind a tudománytól. Sok fiatal vált egy "nagy kulturális forradalom" (és más irracionális, antiszociális minták) hívévé, miközben helyét kereste a Földön.

"Non scolae sed vitae discimus." Nem az iskolának, hanem az életnek tanulunk. Tudjuk-e, milyen lesz az az élet anno 2000? A 21. század (a gyermekeinket, tanítványainkat váró világ) mindössze 15 esztendőnyi távolságra van. De sejtettük-e 1985 problémáit 1970-ben? Előre látta-e akkor bárki is az energiagondokat, az ötszörös-tízszeres benzinárakat? Hogy az Egyesült Államoknak vámokkal kell majd védekezni Japán ellen, mégpedig éppen a magasfokú technika területén? Hogy a világ legutolsó – gazdag és állig felfegyverkezett – császárságát egy konzervatív forradalom dönti meg, és ezután Irán meglepő befolyást fejt ki a világpolitikára és a történelemre?

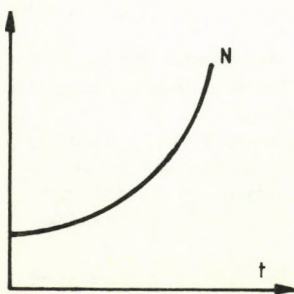
Hogy videojátékok és videomagnók árasztják el a világot, áldást és veszélyt hozva a kultúra egész területére? Hogy 1985-ben több számítógép lesz Magyarországon, mint amennyivel 1970-ben az egész világ rendelkezett? Hogy a BASIC-tanulás olyan általános divat lesz, mint a jogosítványszerzés? Az 1970-es év iskolája nem láthatott el bennünket receptekkel arra vonatkozóan, miként oldjuk meg a problémákat, amelyekkel 1985-ben szembe kell néznünk. A természettudományos nevelés számára nem az az igazi kihívás, hogy a 2000 után szükséges ismereteknek nem tudunk helyet szorítani a tantervben. A probléma az, hogy ezek az ismeretek meg sem születtek.

## Változás

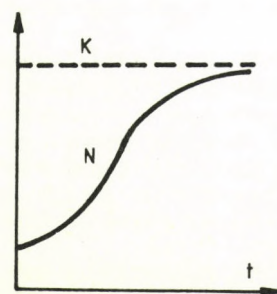
Legyen  $N$  akármilyen szám, ami egy társadalom állapotát jellemzi. ( $P_1$  a világ népessége, a könyvek vagy TV-készülékek vagy fizikusok száma egy országban.)

1970-ben az  $N(t)$  görbe meredeksége pozitív volt és növekvő tendenciát mutatott. (Ha  $N(t)$  változási sebessége  $N(t)$ -vel arányos, akkor exponenciális növekedés adódik, 1. modell az I. táblázatban, 1. ábra.) Ezidőtájt korlátlan fejlődésről tanítottunk.

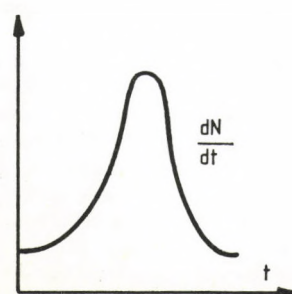
1980-ban  $N(t)$  meredeksége még mindig pozitív



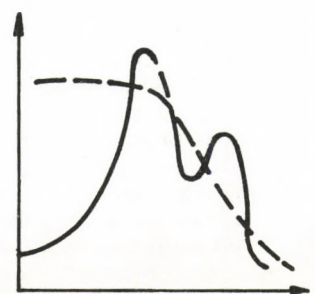
1. ábra



2. ábra



3. ábra



4. ábra

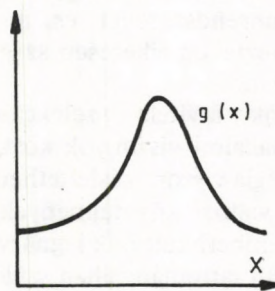
volt, de már csökkenő (2. ábra). A hetvenes években a görbe inflexiót szenvedett. (Pl. a világnépesség görbéjének inflexiója — egyszeri esemény a világtörténelemben — 1978-ban történt.) Ezzel a fordulattal a társadalom dinamikus leereagálta a Földgolyó végességét. (Ilyen telítődési jelenségeket jól ismert a populációbiológia, 2. modell a II. táblázatban.)

Idegrendszerünk a változásokra érzékeny. Ha  $N$  helyett a változás  $dN/dt$  ütemét ábrázoljuk grafikusán (3. ábra), akkor a görbe határozott csúcsot mutat. Ábránkon a vízszintes tengely jelentse — mondjuk — a 20. század éveit, a függőleges tengely az évenkénti benzinfogyasztást. A görbe alatti területnek feltétlenül végesnek kell lennie, mert bolygónk kőolajkészletei korlátosak, így a leszálló ág elkerülhetetlen! Tradicionális iskolakönyveink a felszálló ágon írdtak. Most élünk a tetőn. Tanítványainkra a leszálló ágot hagyjuk örökölni, ők tapasztalni fogják: a növekedésnek határai vannak. Ez a minőségi fordulat elavulttá teszi a nevelés hagyományos céljait (a tudás és értékrend pusztá reprodukcióját).

A hetvenes évek nagy számítógépein árnyaltabb világmodelleket dolgoztak ki, figyelembe véve az  $N$  népesség és  $K$  környezet kapcsolódását. Növekvő  $N$  népességszám esetén  $N$  görbéjének meredeksége egy idő után csökkenni kezd, így veszi figyelembe a környezet  $K$  hordozókapacitásának korlátos voltát. Végeredmény a 2. ábra által mutatott sima görbe. Ha azonban a növekedés ütemét megszabó  $A$  együtthatót túlságosan nagyra választjuk, az  $N(t)$  népességgörbe túllő az optimális  $K$  értéken, ami lerombolja a környezetet, csökkenti annak  $K(t)$  hordozóképességét (a II. táblázat 3. modellje). E szerint a 21. század közepétáján (unokáink életében) a  $K$  környezet és az  $N$  népesség katasztrofális degradálódása várható. Ennek fő okozója a modell szerint a társadalom inercijája: a telítési értékhez tartva nem méltatjuk figyelemre a növekedés természetes határait, nem reagáljuk le e határ közelségét életmódunk és értékrendszerünk megfelelő módosításával. Az  $N(t)$  görbe átszeli a  $K(t)$  görbét, ezáltal  $K(t)$  letörik. Csakhamar  $N(t)$  is arra kényszerül, hogy kövesse  $K(t)$  zuhanását.

## Spektrum

Jelölje  $x$  egy élőlény valamelyik mérhető jellemzőjét (a róka farkának hosszát, a sertés testsúlyát, az ember intelligenciahányadosát stb.) Változatlan külső feltételek mellett akkor leggyorsabb a szaporodás, ha  $x$  egy optimális a értékű. Egy valós populáció tagjainál egy  $g(x)$  gyakoriságeloszlást találunk, amely legnagyobb értéket  $x = a$  esetén vesz fel. ( $x < a$  és  $x > a$  által jellemzett egyedek lassabban szaporodnak, így  $g(x)$  két szárnya fokozatosan lenyomódna, ha a gyorsan szaporodó  $x = a$  egyedek deviáns utódai nem biztosítanák a folyamatos utánpótlást. A legrátermettebb változat elszaporodása és a vaktában történő mutációk összjátéka alakítja ki az 5. ábrán szemléltetett görbét. Legbőszégebb aratás akkor volna várható, ha az "ideális populáció" csupa  $x = a$  egyedből tevődne össze. Ezért a gazda arra törekszik, hogy a  $g(x)$  eloszlásspektrumot minél jobban beszűkítse. Ezt a célt szolgálja a válogatott vetőmag, a deviánsok kigyomlálása, a genetikai hibridizáció. (Néha akadt valaki, aki ezt a módszert emberekre is alkalmazni próbálta rendelet, rendőrség, iskolai fegyelmezés segítségével, abban a feltételezésben, hogy tudja, milyen az ideális állampolgár.)



5. ábra

Fischer megvizsgálta a környezetváltozások hatását a biológiai populációkra. Ha az új környezetben nagyobb  $x$  értékek előnyösebbek, az "anomálishan nagy"  $x$  értékű variánsok jobban kezdenek szaporodni, egy idő után ők válnak dominálónak. Ily módon a populáció illeszkedni képes az új környezethez. Ha

### A KIVÁLASZTÁS FISCHER-FÉLE MODELLJE

III. táblázat

Az  $x$  tulajdonsági  $g_n(x)$  gyakoriságeloszlását egyre normaljuk:

$$\int g_n(x) dx = 1$$

A  $K_n$  középpérték és az ettől való  $D_n$  közepes négyzetes eltérés definíciója:

$$K_n = \int x g_n(x) dx,$$

$$D_n = \int (x - K_n)^2 g_n(x) dx.$$

A környezet megváltozása  $x > K_n$  értékek  $p$  mértékű preferenciáját eredményezi a következő generációra.

$$g_{n+1}(x) = s(x) g_n(x),$$

ahol az  $s(x)$  szelekciós tényező

$$s(x) = 1 + p \cdot (x - K_n) \begin{cases} < 1, & \text{ha } x < K_n \\ > 1, & \text{ha } x > K_n \end{cases}$$

Mi lesz az  $x$  tulajdonság  $K$  középpértéke a következő generációban?

$$K_{n+1} = \int x g_{n+1}(x) dx = \int x [1 + p(x - K_n)] g_n(x) dx,$$

innen egyszerű átalakítás után

$$K_{n+1} = K_n + p \cdot D_n.$$

Szélesebb  $D$  spektrumú populáció gyorsabban illeszkedik a változásokhoz.

## A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS NEVELÉS CÉLJAI

1. MOTIVÁCIÓ: A természet szép. A természetkutatás érdekes aktivitás, amelynek eredményében érdekeltek vagyunk. Így a fiatalok ne meneküljenek a friss kihívások elől, hanem vállalják azokat.
2. KUTATÁS: Figyeld és tiszteld a valóságot. Válaszd ki a legfontosabbnak ítélt változókat. Keresd a kapcsolatukat, alkoss prediktív modellt. A modell következtetéseit ellenőrizd kísérletileg. Az érvényesség határán belül a modellt alkalmazd a gyakorlatban. Az érvényesség határain túl kutass jobb modellek után.
3. ELVEK: Tanuld meg a néhány valóban univerzális alapelvet (irányított felfedezés helyzetében, az alkalmazási képesség szintjéig).
4. INFORMÁCIÓK: Használj az információ társadalmilag kialakított forrásait is, de kezeld az információkat kritikusan. (Ehhez tudni kell a matematikai logikát, formális nyelveket, valószínűségszámítást és statisztikát, középértéket és szórást, a hiba és kockázat megbecsülését.)
5. TÁJÉKOZÓDÁS: Kémleld ki az ismeretlent a fentiek segítségével. (A szükséges iskolai ismeretanyagot nem dogmaként, hanem a tájékozódás példáiként kell bemutatni. A tanterv modernizálása nem a nevelési cél változtatását, hanem a tájékozódás példáinak cseréjét jelenti.)
6. VILÁGKÉP: Az ember nem idegen jövevény egy rosszindulatú világban, hanem a Természet és Társadalom édes gyermeke.
7. ALKOTÓKÉPESSÉG: Világot emberibbé nem a természet törvényei ellen, hanem velük összhangban akard formálni. Ennek módja lehet az irodalom, művészet, a többféle kommunikáció, de a termelőmunka, a műszaki alkotás, a társadalmi döntés, gyermekeid és tanítványaid nevelése is.

viszont nincsen ilyen "anomális" deviáns, nem működhet a természetes kiválasztódás, így a változás után csökkeni kezd a populációlétszám (III. táblázat).

A cápák örökléstanilag nagyon konzervatívak, mert a változatlanul langyos óceánban élnek. Az influenzavírus gyakran mutál, hogy felvegye a harcot az ember immunrendszerével és a védőoltásokkal, ennek következtében sikeresen szaporodik a zsúfolt nagyvárosokban.

A tradíciók átvitele szelekciós előny stabil gazdasági-társadalmi viszonyok közt. A konformista nevelési stratégia viszont késleltetheti a társadalom illeszkedését a változó követelményekhez. Nem véletlen, hogy az emberi kultúrák legnagyobb lángelméi a tér és idő olyan tartományaiban születtek, ahol bizonyos tradicionális értékeket kétségessé tett a gyors társadalmi haladás, ahol új értékrend megteremtésére volt szükség. Példa rá az ókori Athén, a reneszánsz Firenze, London az ipari forradalom idején, a lenini Pétervár. Ilyen volt Magyarország a reformkor vagy a fényes szellők idején.

#### Mire való a természettudományos nevelés?

"A lángészhez a gyerek van legközelebb" – írta Lánzos Kornél. A gyerekek azért kérdezősködnek

és azért játszanak olyan csillogó képzelőerővel, hogy felkészüljenek a felnőtt életre.

A természetkutatók megcáfolnak régi nézeteket, jobb értelmezés után kutatnak a próba-szerencse módszerével, mindig igényelve a valóság kontrollját. Csak a legjobb tudományos modellek maradnak életben.

A gyerekkor és a kutatóintézet közt ott van az iskola. Fejlesztheti vagy elfojthatja a velünk született kíváncsiságot. Minden bizonnyal engedelmessé kell a társadalmi normáknak, de versenyképes mezőgazdaság és ipar létrehozása elképzelhetetlen újítók nélkül. A hetvenes évek mély technikai, gazdasági és társadalmi változásai a legtöbb országban az oktatásra irányították a figyelmet. Hazánkban az emlékeztető közoktatási párthatározat (1972) után a Magyar Tudományos Akadémia elnöksége 1976-ban nevelési ajánlásokat fogadott el. Ez megkísérelte a természettudományos nevelés céljainak újrafogalmazását (IV. táblázat).

Hagyománytisztelő tantervkészítők és tankönyvírók szívesen készítene listát azokról a tudományos fogalmakról, amiket nélkülözhetetlennek ítélnék a művelt emberek számára, így pl.

Gyümölcsök, háziállatok, testrészek elnevezése

Elemek, szervetlen vegyületek, szerves anyagok nevei és tulajdonságai

Növények, állatok taxonómiája és morfológiája, sejtek, szervek szerkezetének leírása

Hooke-törvény, lejtő, csiga, inga, Coulomb, Ohm, Kirchhoff, Lenz törvényei

Kalória, Joule, hőtágulás, Boyle és Mariotte törvénye, Gay-Lussac törvényei

Balmer-törvény, alfa-, béta-, gamma-bomlás, Madame Curie, Ciklotron

Ezt a lexikális információt tantárgyakká csoportosították és órarendbe préselték:

KÖRNYEZETISMERET	FIZIKA: MECHANIKA
KÉMIA	HŐTAN
BIOLÓGIA	ELEKTROMOSSÁG
	ATOMFIZIKA
	MAGFIZIKA

De ha valaki megkérdezi bennünket, elvégre miért is kell egy leendő ügyvédnek vagy üzletembernek vagy politikusnak megtanulnia Kirchhoff törvényeit, mit feleljünk? (Ők nem fognak felvételi példákat oldani áramkörből.) Mi, fizikusok-kémikusok-biológusok jól tudjuk, hogy a természettudomány valóban fontos fogalmi mélyebbek:

Megfigyelés	Tehetetlenség/állapot
Mérés	Kölcsönhatás/változás
Kísérlet	Előrelátás/technika
Vonatkoztatási rendszer	
Relativitás	Energia/információ kezelése
Környezet	Pozitív/negatív visszacsatolás
Összetétel	Stabilizáció/erősítés
Szerkezet	Rendetlenség/rend
Tulajdonság	Szeződés/bomlás
Funkció	
Szaporodás	Tárgy/megfigyelő
Öröklődés	Komplementer modellek
Mutáció	Modellek, mint a kutatás lépcsőfokai
Változatosság	Növekedés/stabilitás
Illeszkedés	Kockázat
Kiválasztás	Döntés
Fejlődés	Felelősség

Ha eme utóbbi fogalmakat vállaljuk a természettudományos nevelés (környezetismeret, kémia, biológia, fizika tantárgyak, utóbbin belül a mechanika-, elektromosság-, hőtan-, atomfizika-, magfizika-tanítás) céljainak, joggal érvelhetünk, hogy természettudományos műveltség az ügyvéd, a kereskedő a tanácselnök számára is fontos. Elvégre is a természettudomány a leghatékonyabb módszer, amit eddig ember az ismeretlenbe való tájékozódásra kidolgozott. A jövőt nem ismerjük, tehát minden fiatalnak szüksége lesz az ismeretlenben történő tájékozódás stratégiájára!

ELLENŐRIZD TANÍTVÁNYAID KREATIVITÁSÁT  
(ÉS HOGY MIRE NEVELTED ŐKET)

V. táblázat

1. feladat: Tanultad a rugó erőtvényeit:

$$F = -Kx.$$

Kaptál 1 m hosszú damil-fonalat és egy súlysorozatot.

Mérd meg a K erőállandót oly pontosan, amilyen pontosan tudod!

(A műanyagfonálban a makromoláris láncok vaktában vannak összegombolyodva. Nyújtáskor kiegyenesednek. Különböző súlyok ráakasztásakor a fonál eltérő mértékben nyúlik meg, de végülis telítődést tapasztalunk, 6. ábra, ami ellentmond Hooke törvényének. Figyeld, miként viselkednek tanítványaid a tanult fizika és a tapasztalat eme konfliktusával!)

2. feladat: Tanultad ellenállások soros és párhuzamos kapcsolásának törvényét:

$$R_s = R_1 + R_2, \quad \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

Kaptál egy zsebletepet, két zseblámpaizzót (mindegyiknek R az ellenállása) és egy ampermérőt. Igazold mérésel:

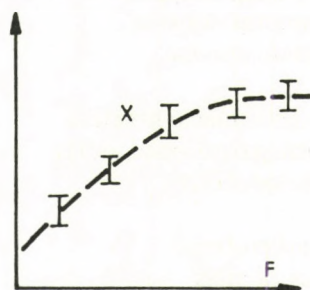
$$I_s = I_0/2, \quad I_p = 2I_0$$

ha  $I_0$  jelöli egyetlen izzó bekötésekor folyó áramot.

(Soros kapcsolásnál I kisebb, az izzószál hőmérséklete alacsonyabb, az izzó ellenállása kisebb, mint a magános izzó vagy párhuzamosan kapcsolt izzók esetében. Az ellenállások összeadási képlete nem működik. Figyeld tanítványaidat: mit szólnak ehhez a kísérleti "hibához"? "Kijavítják-e" mérési eredményüket, hogy az illeszkedjen elméjük elvárásához? Vagy elfogadják a tapasztalati tényt, és gondolkozni kezdenek? Próbálkoznak modellszerű magyarázattal is? Netalán újabb mérésekkel ellenőrzik modelljük helyességét?

## INFORMÁCIÓS FORRADALOM NÉGY FELVONÁSBAN

1. A TRANZISZTOR az információforrásokat még az analfabéták számára is hozzáférhetővé tette. Hordozható rádió és TV közvetítette Nasszer és Khomeini beszédeit, ezáltal a világtörténelmet alakította. A beat és rock generációk ízlését befolyásolta. Ez az információáramlás még egyirányú: a közönség passzív, ezért manipulálható.
2. A MÁGNESES MEMÓRIA megteremtette a magnót és videomagnót. Választékot kínál, ezáltal választásra neveltet.
3. A MIKROPROCESSZOR lehetővé tette az interaktív videojátékok és mikroszámítógépek elterjedését. Az emberek többé nem passzív befogadók, hanem aktív résztvevők, akiknek döntésekkel és instrukciókkal kell beavatkozni a képző (vagy a műszaki folyamat) eseményeibe.
4. AZ INFORMÁCIÓS HÁLÓZAT, amely számítógépek, adatbankok, szövegkezelők közt telefonkábelrel vagy akár drótnélkül, mesterséges holdakon át épül ki, az információt praktikus módon mindenki számára hozzáférhetővé teszi. Az egyéni adatfeldolgozás magasabb szinten újra integrálódik; remélhetőleg a nélkül, hogy konformizálna.



6. ábra

## Korlátok nélkül

A növekedés hatáiról beszéltünk. Korlátos a megművelhető terület, a fosszilis fűtőanyagkészlet, a kibányászható vas és rézérc mennyisége, mert bolygónk maga is véges. Ezt a végeességet a mi életünkben kezdtük érezni. De van valami, ami éppoly értékes, de nincsenek (belátható) materiális határai. Ez az információ.

Egy százoldalas könyv lehet hazugság vagy giccs, de lehet remekmű is.

A félvezető morzsa (chip) szilíciumból készül, szilícium pedig van a homokban. Rajtunk múlik, homokvárat építünk belőle vagy számítógépet.

A DNS-molekula O, N, H, C, P atomokat (lényegében levegőt és vizet) tartalmaz. Ugyanakkora DNS gyomot kódolhat vagy hibridkukoricát.

A fizika és a magastechnika napjainkban újabb horizontokat tárt fel (VI. táblázat). Mindnyájan infor-

mációözönben élünk. A tendencia pozitív (technikai értelemben): a szilícium-morzsa egyre kisebbek, következőképp mind kevesebb energiát fogyasztanak, mind gyorsabbak, egyre olcsóbbak és egyre több van belőlük. Felnőttünk az információforrások eme demokratizálódásához? Védve vagyunk-e ellene? Arra fogjuk-e használni a számítógépeket és adatbankokat, amire kell: hogy segítsenek bennünket bölcs humán döntések meghozatalában?

A valóság tisztelete, a lényeges adatok kiválasztása, alternatív modellek használata a jövő előrelátása érdekében, a modellek ellenőrzése és javítása – mindez olyan tevékenység, amelyet elsőként a fizika fejlesztett ki az ismeretlenben való eligazodásra törekedve. Ha a fizikatanítás képes lesz eme “mesterség” átadására, akkor az iskolai fizika legalább olyan fontosá válik a fiatalok jövője szempontjából, mint az olvasás vagy számtan vagy nyelvtudás.

Nem túlzott ez a célkitűzés: arra nevelni a gyerekek seregét, hogy kutató és felfedező válják belőlük, hogy azt tegyék, amit a nagy felfedezők, feltalálók, tudósok tettek? Nem szabad elfelejtenünk, hogy minden kisgyerekeknek felfedezővé kellett válnia, hogy túlélje gyerekkora első nehéz éveit! Ők a legkíváncsúbbak, ők kérdezik a legtöbbet, hogy “mi ez?” majd “miért?”, szeretnek ismeretlen utcákon csatangolni, alászállni feltáratlan barlangokba, és autóstoppal indulni kitűzetlen célok felé. Az oktatás nagy dilemmája: irtuk vagy műveljük tanítványaink korlátlan kíváncsiságát? Miként valósítható meg a reprodukció és invenció érzékeny egyensúlya?

Az oktatásban két komplementer tendenciát tapasztalunk (VII. táblázat). Mindkettő igaz, noha egymásnak ellentétei (akárcsak a korpuszkula-modell és a hullám-modell). Álló világban kétségkívül hasznos

a normatív iskola, de mozgó világban a kreatív megközelítésre támad igény. Ma a tanár nem mehet biztosra, amikor szóbajön az órán:

A KICSI  
EXTENZÍV  
ZÉRUS NÖVEKEDÉS  
NOSZTALGIA  
ZÖLDVILÁG  
TANYASI  
MOZART  
VISSZA A KLASSZIKUSOKHOZ

VAGY A NAGY A SZÉP?  
VAGY INTENZÍV A HASZNOS?  
VAGY SZÚZFÖLDEK HÓDÍTÁSA?  
VAGY AVANTGARDE?  
VAGY MAGASTECHNIKA?  
VAGY VÁROSI ÉLET?  
VAGY BEATLES?  
VAGY ELŐRE AZ ISMERETLENBE?

**NORMATÍV ISKOLA**  
 egyértelmű instrukciót kínál,  
 zártvégű feladatokat tűz ki,  
 olyan gyereket dicsér meg,  
 aki a várt feleletet adja.

**KREATÍV ISKOLA**  
 alternatív modelleket mutat be,  
 nyíltvégű feladatokat vet fel,  
 eltűri az olyan gyereket is,  
 aki váratlan kérdéseket tesz fel.

A mai nevelők nem vállalhatják annak felelősségét, hogy egyértelműen közöljék: miként kell majd viselkedni egy olyan korban, ahol még senki nem járt.

De ma a fizikatanárok privilégiuma és felelőssége, hogy segítse a fiatalokat: maguk legyenek majd képesek tájékozódni, dönteni, cselekedni a rájuk váró szép új világban.

## SZÁMÍTÓGÉPES KULTÚRA

Seymour Papert  
 Massachusetts Institute of Technology,  
 Laboratory for Artificial Intelligence

Kis történettel szeretném kezdeni, ami néhány hete esett meg velem egy New York-i iskolában. Olyan általános iskoláról van szó, ahol nagyon hátrányos helyzetű gyerekek tanulnak. A legtöbbször Harlemből jött, és egy másik iskolában csak kicsi esélyük lenne arra, hogy komolyan foglalkozzanak természettudományokkal. Ahova belátogattam, abban az osztályban a tanár éppen az atom szerkezetét próbálta elmagyarázni — arról beszélt, hogyan helyezkednek el az elektronok a mag körül. A tanulók semmit sem értettek az egészből; gondolom azért, mert olyan törvényszerűségekről volt szó, amelyek meghaladták képzeleterejüket. A tanár igyekezete hiábavalónak bizonyult. Az óra közepén azonban hirtelen egy ötlete támadt — olyan gondolat, amely ebben az iskolában természetes, de nagyon sok más iskolában nem vehető fel. Ugyanis ők rendkívül jól vannak ellátva számítógépekkel, és mindenki — tanár és tanuló — megbarátkozott már a programozás mesterségével. Mindegyikük írt már programokat is. A tanár így szólt: "Tudjátok, az este az jutott eszembe, hogy programot írok, és azzal mutatom be számotokra, hogyan működik ez az egész. LOGO-ban kezdtem el írni, csak az atomszámot kell megadni, és a gép lerajzolja az elektronok helyzetét. Voltak azonban kisebb nehézségeim — szólt — talán ti tudnátok rajtam segíteni." Erre az osztályban elkezdtek arról vitatkozni, hogyan írhatnának programot, mely bemutatja az elektronok elhelyezését az atommag körül. A gyerekek — nem mind, de néhányan az osztályban — belebonyolódtak a problémába, hogyan is írják meg a programot.

Végül is a programot senki nem írta meg; az osztályban ugyanis nem volt számítógép — nem volt látható számítógép. Mivel azonban a számítógép és a programozás hozzátartozott a kultúrájukhoz, a tanárnak sikerült bevonni tanulóit egy újfajta kapcsolatba — a tanár és diák közötti termékeny együttműködésbe.

Ez viszont lényegesebb, mintha meg is írták volna a programot az elektronhéjak rendszeréről, melynek végeredménye egy kép lett volna — melyet filmen is láthatnak vagy könyvben megtalálhatnak. Ott és akkor valami más következett be — a gyerekek készek voltak a tanárral együttműködve gondolkodni egy valódi problémán. És én éppen ezt értem azon, hogy a számítógép kultúránk része — a társadalmi kultúráé, az iskolai kultúráé, a természettudományos oktatási kultúráé.

Ha tanítunk valamit, ha új fogalmat akarunk megmagyarázni, akkor vissza kell nyúlni egy múltbeli közös tapasztalatig. Az újat valami olyannal kell kapcsolatba hoznunk, amelyet ismerünk, és azok is ismernek, akiknek magyarázunk. A kulturális háttér az új oktatási helyzetek építőanyaga. Azzal, hogy a számítógép és a programozás az emberek kultúrájának alapvető részévé lesz, új lehetőségek tárulnak fel az oktatás minden területén.

A második — szerintem fontosabb — megjegyzésem az oktatással kapcsolatban, hogy a tanulókat valami olyan felé kell irányítani, amit ők fontosnak tartanak. (A felhozott példában számukra fontos volt, hogy segíthetnek a tanárnak.)

Olyan példákat szeretnék felhozni, melyek szemléltetik, hogyan változtatja meg a számítógép a didaktikai folyamatot azzal, hogy beépül kultúránkba — és nem föltétlenül az oktatási alkalmazásával. Nem akarom én tagadni a számítógépek felhasználásának

Magnetofonszalagról leírt megnyitó előadás. Fordította: Menczel György. Elhangzott a Microscience Műhelyen (1985. máj. 20-25. Balatonalmádi). A lap köv. cikkei a konferencián elhangzott előadásokból közöl néhányat. Az összes előadás angol nyelvű proceedingsben jelent meg.