

Fizikai és kémiai kísérletek gyermekmagyarázatairól

1. Bevezetés

A gyermeklélektan csak 1920 óta létezik. PIAGET [1] először a saját gyerekeit figyelte meg, így alapította meg tanítását. PIAGET előtt a gyerekek csak „redukált” felnőttek voltak, ez látható a klasszikus festmények figyelmes tanulmányozásánál is. Ezek a gyermekarcok felnőtt vonásokat hordoznak. A gyermeklélektanhoz nem értés mutatkozik meg ma is sok tantervben. Így Németországban (Nordrhein-Westfália tartományban) az általános iskola 7. osztályában tanulják az atom felépítését koncentrikus körökben (1 órában!), a reáliskolában a 8. osztályban és a gimnáziumban a 9. osztályban. Minél intelligensebb egy gyerek, annál később tanulja ezt az absztrakt témát. Ehhez azt kell tudni, hogy az általános iskola egy „kilúgozott, maradék iskola”. Az intelligensebb gyerekek magasabb fokú iskolába mennek a 4. osztály elvégzése után. A tanterv elkészítői egyszerűen lerövidítik a gimnázium anyagát az általános iskolások számára, de ezek a gyerekek nem tudnak absztrakt módon gondolkodni, ez a lerövidített tanterv viszont az absztrakt gondolkodást kívánja meg.

PIAGET tanításában találkozunk az operationalis fogalommal, ez azt jelenti, hogy egy gyerek „reverzibilisen” tud gondolkodni, azaz kísérletnél, ahol valamilyen változás lép fel, el tudja képzelni, hogy milyen volt az eredeti állapot (ha egy szelet tortát látunk, akkor gondolatban el kell képelnünk az egész tortát ahhoz, hogy meg tudjuk mondani, hogy a szelet hányad része az egésznek). Csak az operationálisan gondolkodó gyerekek értik meg a törtekkel való számolást.

Ez az operationális gondolkodás két másik gondolkodási formára osztható, mégpedig a konkrét és az absztrakt operationális gondolkodásra.

Az absztrakt gondolkodó gondolatokról is tud gondolkodni, anélkül, hogy ehhez konkrét segítségre („mankóra”) lenne szüksége. Ha valaki azt mondja: mondj egy példát valamire, akkor ez azt jelenti, hogy nem tud absztrakt módon gondolkodni, szüksége van egy „mankóra”. Maximum 20%-a az emberiségnek tud csak absztrakt módon gondolkodni.

HERRON [2] ajánlja a publikációjában: What „good” studens cannot understand (Mit nem tud a szorgalmas diák megérteni), hogy az absztrakt tanítási tartalmat konkrét helyettesítsük.

2. Gondolkodási szintek

A három PIAGET-fokozatot:

- a) praeoperationális (oki- és mágikus gondolkodás)
- b) konkrét operationális (naív- és kritikus reális gondolkodás)
- c) absztrakt operationális (alacsony- és magas kauzális gondolkodás)

én a zárójelben megadott kifejezésekkel helyettesítettem. A következőkben csak ezeket használom. A gyerekek által adott válaszok értékelésekor kényelmesebb egy fokozatot a nem használható válaszokból is beiktatni. A zárójelben megadott és az ezek elé beiktatott fokozat így 7 szintet ad, ezeket behatóbban tárgyaljuk most.

Hibás válaszok, melyeket nem lehet használni

Példák: 7 kémcsőben bázisok vagy savak voltak, amihez indikátort adtunk. Különböző színűek lesznek.

Nem használható válasz lenne: a bácsi 7 kémcsövet rakott oda. Ez igaz, de nem használható.

Célirányos gondolkodás

Az ember, pl. a tanár, a természet mindent úgy csinált, hogy működjön.

Példák PIAGET-nál: „A Nap süt, mert az emberek sétálni akarnak”, vagy „A Hold süt, mert olyan emberek is vannak, akik éjjel is dolgozni akarnak”. „A parafadugó azért könnyű, mert ha nehéz lenne, tönkre menne az üveg”, „A kövek azért nehezek, mert avval házat építenek, és hogy a szél ne vigye el a házat”.

Nálam azt mondták: „Esik az eső, mert a virágoknak víz kell”. „Azért dörög az ég, mert ez nekem tetszik”.

Mágikus-animisztikus gondolkodás

Anima-lélek (latinul). A gyerek egocentrikusan gondolkodik. Számára az élő és élettelen dolgok azonosak. Az élettelen dolgoknak is lelke van, mint a mesében. Ezek előidéznek vagy csinálnak valamit.

Egy gyertya kialszik a főzőpohár alatt: „A gyertya ki a kar aludni”.

A gyerekek az általuk ismert valóságba építik be a választ. Egy rézlemezt lángba tartottunk, hogy bemutassuk az oxidáció jelenségét. Ekkor a következő választ kaptuk: „A nagymamának is ilyen rézkannája van”.

Egy ilyen mesevilágban élő gyerekekkel még nem lehet a kémiát megértetni. A babonás gondolkodás is ide tartozik.

Naiv-reális gondolkodás

Ezeknél a gyerekeknél egy kísérlet leírása és magyarázata ugyanaz. Pl. :Mit látsz, és ennek mi az oka? — mind a két kérdésre ugyanaz a válasz.

Az úgynevezett „*ha — akkor*” magyarázat is ide tartozik. Pl. „Ha dörög az ég, akkor villámlik”. A *ha* és *akkor* nem mindig ok és okozat. Pl.: „A villámlás nagyon furcsa, ha tízig számolok, és addig nem dörög, akkor nem is dörög”.

A gyerek csak az esemény sorrendjét látja, nem pedig az okot és a hatást. Nem különböztet meg fontos és nem fontos jelenséget. Egy Bunsen-égő meggyújtása pl. így hangzik: „Egy gyufaszál elaludt, elővett egy másikat, az is elaludt, a harmadiknál visszacsapott a láng, a negyediknél sikerült meggyújtani”. Idősebb gyerekek ezt nem említének meg.

Ezen a szinten szerepet játszik a *valahol* és *valahogy* kifejezés. Az ehhez a korosztályhoz tartozó gyerekek úgy rajzolnak le egy vízzel töltött üveget, hogy a víz valahol van. A vizet úgy rajzolják bele, mintha az egy gyapjúcsomó lenne, a víz felszínét pedig ferdén vagy valahogy, de nem párhuzamosan a föld felszínével.

Kritikus-reális gondolkodás

Ezen a szinten a gyerek örül egy elmélet felállításának, de nem vizsgálja felül, hogy stimmel vagy nem. Nem veszi észre, hogy ebben ellentmondások vannak. Például azt

mondják, hogy „A vasgyapot egy könnyű és egy nehéz anyagból áll, ha izzik, akkor a könnyű elég, és ezért az egész nehezebb lesz”. Felcserélik az abszolút súly és a specifikus súly fogalmát.

A kritikus-reális gondolkodásnak 4 alcsoportja van:

a) *Perpetuum-mobile gondolkodás*

Az ok és okozat egy kört képez. Pl. „A mozdony húzza a vonatot”. És miért megy a mozdony? — „Mert a kocsiknak lendülete van, és ez tolja a mozdonyt”.

b) *Szubsztanciális gondolkodás*

Egy rézlelél a lángba tartva belül fényes marad. Miért? — „Mert a meleg nem megy át a lemezen”. A meleg a gyerekeknek egy szubsztanciális dolog, amely nem tud keresztül menni a lemezen.

c) *Dinamisztikus gondolkodás*

Ennél a gondolkodásnál ez a mondat fontos: mi az erősebb? Pl. „Egy kő a vízben elmerül, mert a kő erősebb, mint a víz, és egy fa úszik, mert a víz erősebb, mint a fa”. „Egy sav a lakmuszt pirosra festi, mert a sav erősebb, mint a lúg, és a piros erősebb, mint a kék”.

d) *Analógiás gondolkodás*

A gyerekek egy olyan analógiát állítanak fel, ahol a felnőttek nem látnak analógiát. Ez egy naiv analógia.

Alacsony-okozati gondolkodás

Az okozati értelmezés kezdete. A kísérletek elején és végén felületes okozati gondolkodás figyelhető meg.

Magas-okozati gondolkodás

Az egész kísérletet kauzálisan értelmezik. Az ott történtek az általános természet-tudományi törvényeknek vannak alárendelve.

3. Fizikai kísérletek

BANHOLZER ÁGNES [3] 1935-ben 6 kísérletet mutatott be a gyerekeknek. 1971-ben az intézetünkben megismételtük ezeket. A kísérletek a következők:

1. Úszni vagy elmerülni

Különböző tárgyakat teszünk a vízbe, a gyerekeknek azt kell megmondani, hogy miért úsznak, illetve merülnek el.

Miért úsznak a hajók? A válaszok: „A hajók azért úsznak, mert egy propellerjük van”, vagy „Azért, mert a kikötőben ki vannak kötve”.

2. *A víz felemelkedik az itatóspapíron*

3. *CHLADNI-hangképek*

Egy acéllemezen homok van. A középén befogott acéllemezt rezgésbe hozzuk. Egy álló hullám keletkezik, a rezgési csomópontokban az acéllemez nyugalomban van, és ott gyűlik össze a homok. A hullámhegyekből és völgyekből kirepül a homok, mert itt maximális mozgás van. Így keletkeznek az ún. CHLADNI-hangképek.

4. *A vízben a bot megtörve látszik*

5. *A vízben az érme felemelkedve látszik*

Egy konzervdobozban van egy érme. A gyerek olyan messze megy vissza, hogy a doboz szélétől már nem látja az érmét. Most vizet öntünk a konzervdobozba, és ekkor újra láthatóvá válik az érme. A gyerekek azt gondolják, hogy az érme elmozdult, még akkor is, ha egy körrel berajzoltuk a helyét. Ez az effektus az optikai törés törvényén alapszik.

6. *A mágnes vonzza a vasat*

WAGENSCHHEIN [4] megkérdezte egy Pedagógiai Főiskola hallgatóit is, miért vonzza a mágnes a vasat. Ők sem tudták megmondani, hanem csak olyan címszavakat adtak meg, mint mágnesség, mágneses tér stb.

Amikor erről a témáról előadást tartottam, minden alkalommal megkérdeztem a hallgatóságot, hogy az előbb említett 6 kísérlet közül melyik a legnehezebb, illetve a legkönnyebb a gyerekeknek, szinte mindenütt azt a választ kaptam, hogy az „úszni vagy elmerülni” kísérlet a legkönnyebb, és a CHLADNI-hangkép a legnehezebb. A valóságban ez éppen fordítva van. A CHLADNI-hangképnél látják a gyerekek, amint a homok mozgásban van, és a hullámcsomóban összegyűlik.

Az „úszni vagy elmerülni” kísérletnél a tömeg és a térfogat fogalmakat kell ismerni és ezek egymásrahatását. Ehhez kb. 11—13 évesnek kell lennie a gyerekeknek.

A tanulás ebből: amit a felnőttek könnyűnek találnak, az a gyerekeknek nehéz, és fordítva.

Az első osztályban a gyerekek túlnyomó többsége mágikusan értelmezi a kísérleteket, csak a CHLADNI-hangkép könnyebb számukra. A második osztályban a súlypont még mindig a mágikus gondolkodáson van. Csak a mágneses és a hangkép-kísérlet esik a naiv-reális gondolkodásba.

A negyedik osztályban a súlypont a naiv-reális gondolkodáson van, a mágneses kísérletnél a válaszok egy része a kritikus-reális gondolkodásba esik, az érmés kísérletnél viszont a válaszok a mágikus gondolkodás tartományában maradnak. A két fénytani kísérlet értelmezése különböző nehézségi fokot jelent a tanulóknak.

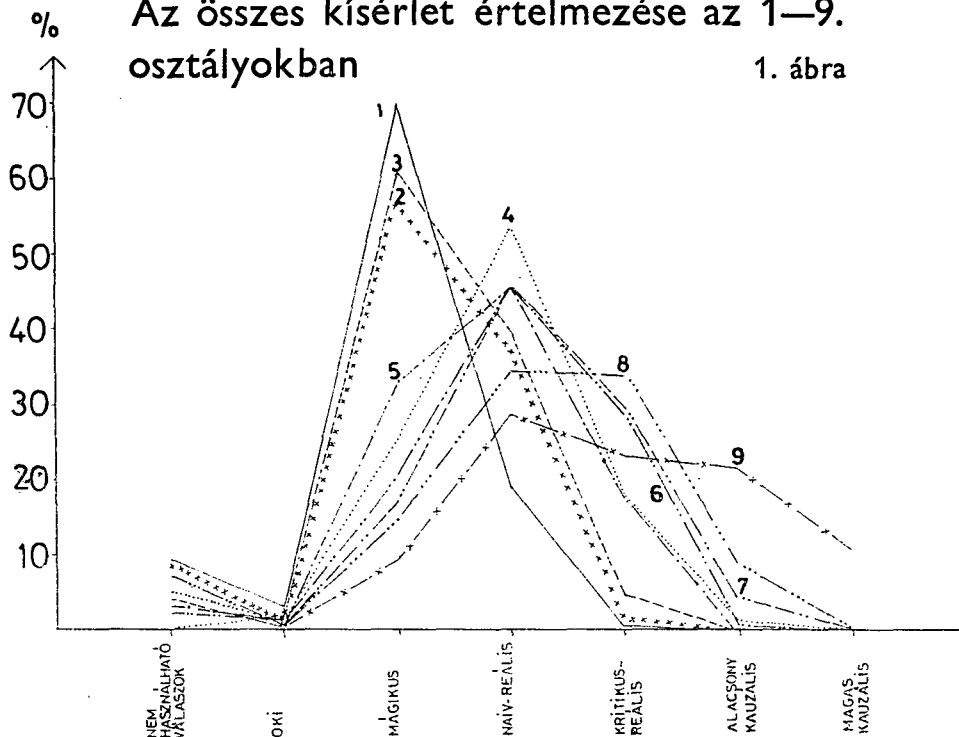
Ez még jobban látható a hetedik osztályosoknál. A legtöbb tanuló az érmés kísérletet (5) mágikusan értelmezi, mialatt a botos kísérletet (4) naiv-reális szinten.

A tanulás ebből: az első osztályban minden kísérlet egyforma nehéz a gyerekeknek, idősebb korban következik a differenciálás könnyű és nehéz kísérletekre. Minden témához több kísérletet lehet bemutatni, ezek közül azt kell kiválasztani, amelyik a gyerekek számára a legegyszerűbb.

Az 1. ábrán valamennyi kísérletet együtt dolgoztuk fel. A vízszintes tengelyen a különböző gondolkodási szintek vannak feltüntetve, a függőlegesen pedig az ezekhez

Az összes kísérlet értelmezése az 1—9. osztályokban

1. ábra



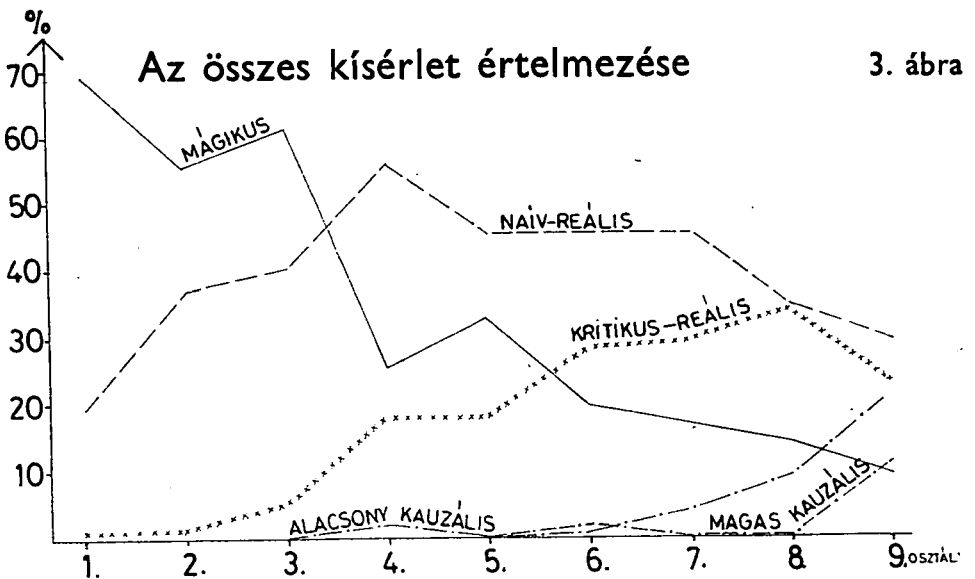
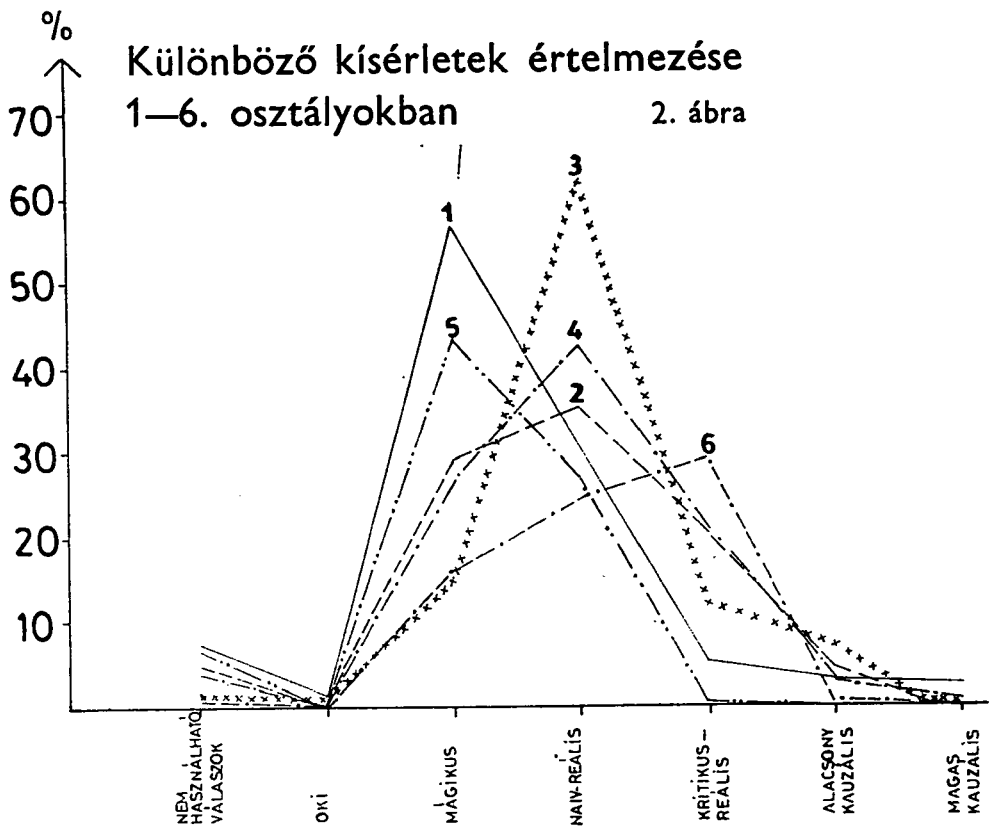
tartozó válaszok százalékban kifejezve. Ha a görbe jobbra, azaz a magasabb gondolkodási szintek felé tolódik el, ez azt jelenti, hogy a kísérlet a gyerek számára jobban érthető.

Az első három osztály a mágikus gondolkodás szintjén adja a válaszokat, a következő négy osztály a kritikus-reális, és a nyolcadik, kilencedik osztályosok válasza esik csak a magasabb gondolkodási szintbe.

Ugyanazon osztály tanulói nem tartoznak ugyanabba a gondolkodási szintbe. Sok tanár csodálkozik ezen [5]. PIAGET [1] azt mondja, hogy a 11 évesek már megértik a specifikus súly fogalmát. Nem szabad a tanárnak meglepődni [6], akinek az osztályában 13 évesek vannak, és mégsem értik meg.

A 2. ábrán minden osztály válasza együtt van feldolgozva, és kísérletek szerint differenciált. Az elénk táruló kép a következő: az 1. és 5. kísérletre (azaz: úszni-hajók, érme) adott legtöbb válasz a mágikus gondolkodás szintjébe tartozik, még a 2., 3., 4. kísérletre (azaz: itatóspapír, hangkép és botos) adott válaszok a naiv-reális szintbe esnek. A mágneses kísérlet [6] válasza leginkább a kritikus-reális szintbe sorolható. A tanulság, hogy a gondolkodási szint magassága nemcsak az életkortól függ, hanem a kísérlet nehézségétől is. Jóllehet a gondolkodási szint magassága a kísérletek nehézségétől függ, mégis lehetséges egy átlagot felállítani az egyes osztályokra vonatkozóan.

A 3. ábrán látható, hogy az első osztályosok 70%-a mágikus választ ad. Az életkor emelkedésével esik a mágikus válaszok száma, ugyanakkor a naiv-reális válaszok száma emelkedik a 4. osztályig, azután lecsökken, mert most kezd emelkedni a kritikus-reális válaszok száma. A két kauzális szint a 8. osztály után játszik szerepet; ezért esik ott a

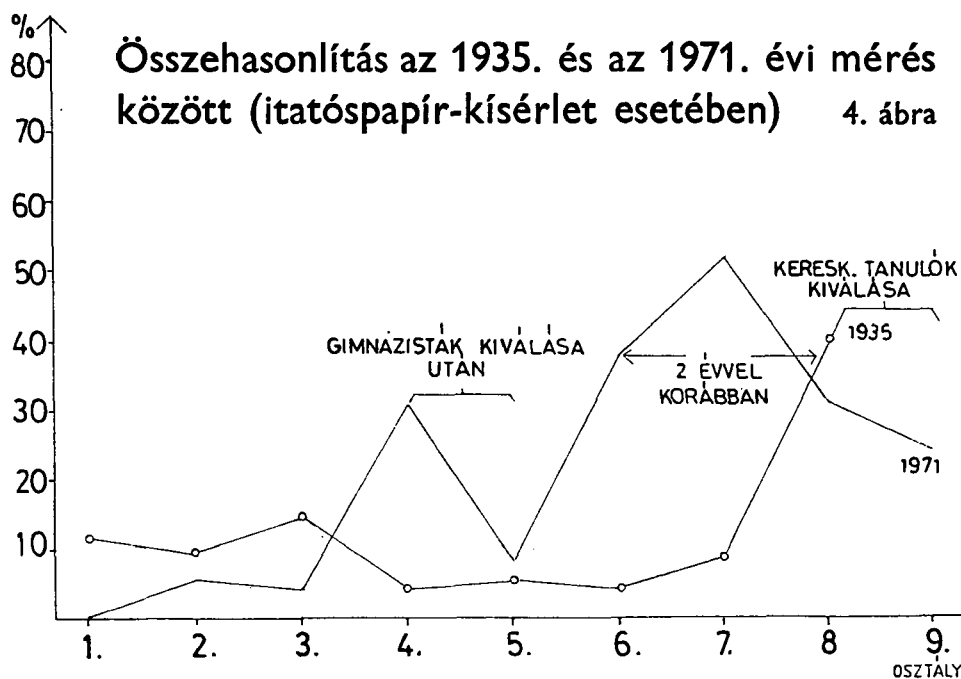


kritikus-reális gondolkodás. Ezeket a felméréseket vidéki környezetben végeztük egy általános iskolában. Az általános iskolából a 4. osztály elvégzése után a tanulók egy része gimnáziumba megy, így ez az iskolatípus szegényebb lesz a jó teljesítőképességű gyerekekben, ezért látható a görbénél (a 3. ábrán) a 4. osztály után egy törés. (Ezért emelkedik a mágikus görbe, és a naiv-reális esik.)

A tanulság ebből: egy alacsonyabb gondolkodási szint a növekvő életkorral esik a magasabb szintek javára. Hasonlítsuk össze, hogy mi változott meg 35 év alatt (a két felmérés időszaka között)!

BANHOLZER ÁGNES [3] disszertációs munkájában csak görbéket adott meg, mérési adatok nélkül. Ezért mi az adatainkat az ő ma már elavult rendszerezéséhez dolgoztuk át.

A 4. ábrán látható, hogy ma kevesebb tanuló gondolkodik mágikusan (az első osztályosok kivételével), mint 35 évvel ezelőtt. Érdekes az összehasonlítás az ún. teoretizáló gondolkodásnál (azaz: nem stimmelő és stimmelő teóriák felállításai). 1935-ben nem látható egy törés, mert abban az időben kevés gyerek ment el a gimnáziumba. A görbe először a 7. osztály után kezd emelkedni. Az 1971-es görbe már a 3. osztálynál emelkedik, és 2 évvel korábban éri el azt az értéket, mint az 1935-ös görbe. Ha a tanulók nem mentek volna el a gimnáziumba, akkor sokkal korábban emelkedett volna a görbe. Látható, hogy a gyerekek ma a TV és a műszaki környezet következtében korábban jutnak el a teoretizáló gondolkodáshoz. A hetedik osztály után a görbe újra esik, mert ebből az iskolából sok gyerek ment el akkor a kereskedelmi iskolába. Most teljesen kilúgozódott az osztály, egy „maradék iskola” lett. Az optikus bot kísérletnél nem találunk a két vizsgálati évben erősen eltérő görbéket. Ez azzal magyarázható, hogy az optikus kísérletek nem keltik fel a gyerekek érdeklődését. Csak a 8. osztályban jut el egy differenciálódáshoz: 80% ma, az akkori 60%-hoz viszonyítva.



A tanulság, hogy a 35 év alatt egy akceleráció ment végbe. A tanulók ma magasabb szinten értelmeznek. 1971 óta újra 20 év telt el. Meg akarjuk vizsgálni, hogy újra egy akceleráció ment-e végbe. Ha a felmérések befejeződtek, arról is tanulmányt készítenek.

4. Kémiai kísérletek

a) Egy vízzel félig megtöltött petri-csészében egy égő gyertya áll. Egy főzőpohárral leborítva, elalszik a gyertya, és a víz felemelkedik a pohárban. Hogy értelmezik ezt a gyerekek? „A gyertya azért alszik el, mert valami jelen van a környezetben” — „mert a víz felmegy a kanócon” — „mert úgy alszik el, mint egy élőlény” — A víz felemelkedik: „mert a főzőpohár üres”, vagy „az oxigénhiány miatt”, vagy „egyszerűen magától”.

b) Egy rézlemez összehajtogatunk levéllé, és a tűzbe tartjuk. Kívül oxidálódik a réz, és fekete lesz, belül változatlan marad. Az előbbieken során már említést tettünk mind a két kísérletről. Példák a gyerekek válaszaiból: „kívül a hő által változott meg a szín”, vagy „magától” — „lepattogott a máz”, vagy „bekormozódott kívülről”, holott nem világító, tehát nem kormozó lángot használtunk.

Ahhoz, hogy belül változatlan maradt, azt gondolták a gyerekek, hogy az magában a hajtogatásban rejlik (anélkül, hogy a hatást felismernék). Vagy „a hő egy olyan anyag, amely nem tud keresztül menni a lemezen”. Idősebb gyerekek felismerik, hogy az oxigénhiány az ok.

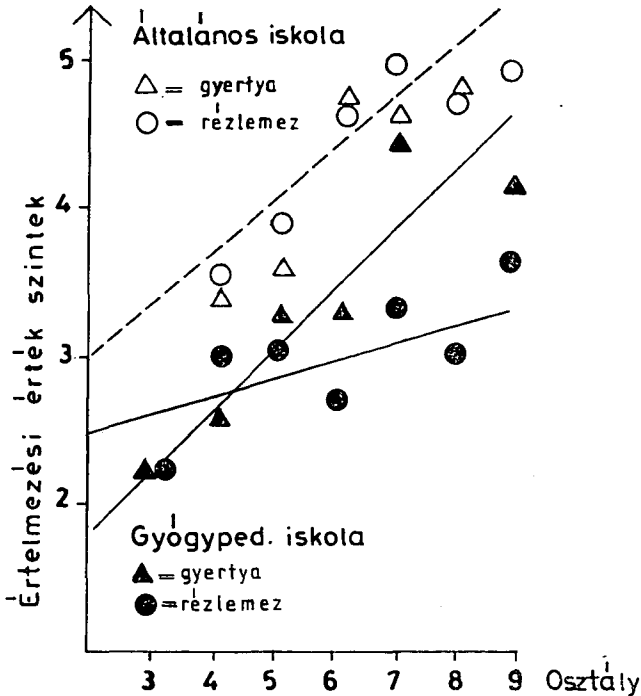
A gyerekek válaszait besoroljuk a megfelelő értelmezési szintekbe, és ezeknek a középértékét vesszük, például 3,4-et kaptunk. Ezt az értéket a 6. osztályban kaptuk. Most ábrázoljuk a koordináta-rendszerben, több pont berajzolásával egy egyeneshez jutunk. Ha ez az egyenes kevésbé emelkedik, akkor a gyerekek idősebb korában sem lesz sokkal meredekebb, nem jut el a magasabb értelmezési szintekbe. Ez azt jelenti, hogy a kísérlet a gyerekeknek nehéz, nem tudják értelmezni. Ha meredek a vonal, ez azt jelenti, hogy idősebb korban hamarabb jutnak el a magasabb értelmezési szintbe. A kísérlet könnyű a számukra. Figyeljük meg az értékelés eredményét az 5. ábrán! Az iskola jó teljesítőképeségű tanulóinál (szaggatott vonallal jelöltük) látható, hogy a szaggatott vonal melletti jelölések (üres háromszög=gyertyás-kísérlet, üres kör=rézlemez-kísérlet) közvetlenül a vonal mellett helyezkednek el. Ez azt jelenti, hogy az intelligens tanulóknál nincs különbség a két kísérlet között az értelmezés szempontjából. Ez a kép teljesen más lesz, hogy ha a másik extrém esetet vizsgáljuk: mégpedig a gyógypedagógiai gyerekek értelmezését. Itt különbség van a két tömör vonal között. A meredekebb a gyertyás-kísérletet reprezentálja, a másik pedig a rézlemez-kísérletet. Tehát a gyengébb képességű gyerekeknél a gyertyás kísérlet könnyebben érthető, mint a rézlemez.

A tanulság ebből: intelligens gyerekeknél nem játszik szerepet a kísérlet nehézsége. Gyenge tanulóknál igenis fontos az érthetőség kedvéért egy könnyebb kísérletet bemutatni (lásd fent).

A gyertyás-kísérlet vonala párhuzamosan halad az általános iskolások szaggatott vonalával. De a bizonyos szinteket 2 és fél év eltolódással éri el.

A gyógypedagógiai gyerekek tehát ugyanúgy magyarázzák a kísérleteket, mint a normális gyerekek, de csak idősebb korokban. Gyakran csodálkozunk, hogy a jó szellemi képességű gyerekek számunkra érthetetlen magyarázatot adnak. Itt segítségünkre van a gyógypedagógiai gyerekek megfigyelése, náluk lassítva játszódik le a magyarázat mintája, láthatjuk a „közti szinteket”, lépésről lépésre megfigyelhető, amint megmagyaráznak egy jelenséget.

5. ábra



Egy másik oldalról is világítsuk meg a kapott eredményeket! Ehhez használjuk fel az intelligencia quotienst, az IQ-t. Az átlagos IQ=100, a normális intelligencia 90—110 között van, a jó intelligencia 110 fölött, és a gyenge 90 alatt. Az alacsony IQ-val rendelkező gyerekek általában alacsony gondolkodási szinten értelmekzik a kísérleteket (azaz mágiusan), a magas IQ-val rendelkezők pedig egy magasabb gondolkodási szinten (azaz kauzálisan). A korrelációs koefficiens $r=0,85$. A statisztikában $r=0$ azt jelenti, hogy egyáltalán nincs összefüggés két nagyság között, $r=1$ esetében nagyon jó az összefüggés. Az $r=0,85$ tehát egy jó összefüggés. A tanulás ebből, hogy csak nagyon intelligens gyerekeknek lehet valamit absztrakt módon elmagyarázni, a többieknél a konkrét-operacionális szinten kell magyaráznunk, magától értetődő modellekkel kell dolgoznunk.

Fordította: Dr. Nay Uwené Szilágyi Zsuzsanna

IRODALOM

- [1] G. PETER: Die geistige Entwicklung des Kindes im Werk von JEAN PIAGET — Bern/Stuttgart (Huber) 1966.
- [2] J. D. HERRON: PIAGET for chemists Explaining what „good” students cannot understand — J. Chem. Education 52 (1975.) 146—150. oldal.
- [3] A. BANHOLZER: Die auffassung physikalischer Sachverhalte im Schulalter — Dissertation, Tübingen 1936.
- [4] M. WAGENSCHHEIN: Die pädagogische Dimension der Physik — Braunschweig (Westermann) 1962. 276. oldal, vagy Z. f. Päd. 6 (1960.)
- [5] P. VOIGT, P. HEYER: Das Fliegen — P. HEIMANN, G. OTTO, W. SCHULZ: Unterricht Analyse und Planung — ban — Hannover (Schroedel) 36 310. 4. kiadás. 1964. 64. oldal.
- [6] R. MERTEN: Über den Einfluß von Vorkönnen und Übung auf den Erwerb physikalischer Sachverhalte — Z. Didaktik d. Physik u. Chemie — ben — Hannover (Schroedel) 1973. 1. rész 87. oldal.