

KISEBB KÖZLEMÉNYEK.

A gondolatban való kísérletezés didaktikai jelentősége a fizikai oktatásban.

A gondolat-experimentumról akarok néhány észleletet elmondani, főleg arról, mely a fizikai oktatás körébe tartozik. Előbb azonban ismertetem Mach felfogását, amint az «Erkenntnis und Irrtum» című, 1905-ben megjelent művében (pag. 180: Über Gedankenexperimente) nyilvánul.

Az ember a tapasztalatot a maga környezetéből, a természetben folyó változások megfigyelése alapján gyűjti. Legértékesebb ama változások megfigyelése, melyeket mesterségesen, bizonyos tervszerűség alapján idézünk elő; ezen alapul a *kísérlet* nagy jelentősége.

A gyermeki életből vett megfigyelések bizonyítják, hogy a kísérletezéshez való hajlandóság mintegy veleszületett tulajdonsága az embernek; sőt nem tisztán az emberé, hanem megtalálható már az állatvilágban is. Így megemlíti Mach C. Lloyd Morgans kutyáit, melyek uruk sétapálcáját többszörös próbálkozás (kísérletezés) után, fejéhez közel, vagyis a súlypontjában megfogva vitték.

Kétségtelen, hogy a gyermekkor és az állatvilág kísérletezésében nagyon sok a mechanikus, tudattalan momentum, mely momentumok a hajlam, az ösztön által vannak determinálva. Tudományos szempontból csak az olyan kísérlet jöhet számításba, mely gondolkodási munkának a produktuma.

Azokat a kísérleteket, melyeket a valóságban véghez viszünk, melyeknek tehát teljesen konkrét jellege van, Mach *fizikai kísérleteknek* nevezi, ellentétben a *gondolat-kísérlettel*, mely már sokkal nagyobb intellektualis munkát kíván.

A regényíró, a socialis és technikai utópiák költője *gondolatban experimentál*. Epúgy azonban a komoly kutató is. Előbbiek a fantáziában oly körülményeket kombinálnak, melyek a valóságban nincsenek meg; utóbbi ellenben oly tényeket hoz kapcsolatba, melyek mint gondolattartalmak igen közel állanak a valósághoz. A gondolatban való kísérletezés lehetősége épen azon alapszik, hogy a

tényeket a képzetek segítségével többé-kevésbé pontosan fixirozhatjuk. A tények képzetei (die Vorstellungen der Tatsachen) könnyebben hozzáférhetőek mint maguk a puszta tények. A gondolatban való kísérletezés tehát úgyszólván kényelmesebb, mint a fizikaiexperimentum, de egyuttal nélkülözhetetlen is.

A tényleges fizikai kísérletet t. i. mindig a gondolatexperimentumnak kell megelőznie, melyben a létesítendő változások kombinációit előre megkonstruáljuk; ellenkező esetben tervszerű kísérletről nem lehet szó. A gondolatban való kísérletezés tehát szükséges feltétele a fizikai kísérletnek. Természetes, hogy ama tényeknek, melyeket gondolatban kombinálunk, szorosán alkalmazkodniok kell a valósághoz, a tényleges fizikai tapasztalathoz (genauer Anschluss an die physische Erfahrung). Első feladat lesz tehát oly tényeknek a kiválasztása, melyek a legpontosabban fedik a tapasztalást; ezt elérjük a *tényeknek gondolatban való variációja* segítségével (Variation der Tatsachen in Gedanken).

A variáció fogalma tehát a gondolatkísérletben is igen nagy szerepet játszik. Lehetőleg folytonos variáció alkalmazandó, mert ily módon az összes lehető esetek teljes áttekintését nyerhetjük. Ezt az eljárást Mach igen szép példával világítja meg.¹

Ha a gondolatbeli kísérlet nem vezet határozott eredményre, a megfelelő fizikai kísérlet bekövetkezéséig a *találgatáshoz* folyamodunk, kísérletképen valamely közelfekvő eredményt veszünk tényleges eredménynek.²

Igen fontos eljárás a gondolatban való kísérletezés alkalmával az is, hogy bizonyos körülményt gondolatban quantitative kisebbítünk és végre egészen eltüntetünk. Az ilyen eljárás fizikailag gyakran nem valósítható meg; ép azért Mach *idealizálásnak* vagy *abstrakciónak* nevezi.³

Ezen előzmények után Mach olyan irányban folytatja vizsgálatait, melyek minket már közelebbről érdekelnek. A gondolat-experimentum nemcsak a kutatónak tehet hasznos szolgálatot, hanem egyáltalában előmozdítója a pszichikai fejlődésnek. Az lesz már most a kérdés, hogy miként fejleszthető tudatos módszerré? Itt célszerű lesz Machot szó szerint idézni.

¹ Mach: Erkenntnis und Irrtum, pag. 187.

² Die Methode, den Erfolg einer Versuchsanordnung erraten zu lassen, hat auch einen hohen *didaktischen Wert*. Ich hatte als Gymnasiast durch kurze Zeit einen ausgezeichneten Lehrer, H. Phillipp, der durch dieses Verfahren die Aufmerksamkeit aufs höchste zu spannen wusste.

Mach ezen megjegyzése különösen a mi szempontunkból nagyon értékes.

³ Erre vonatkozólag is szép példa található Mach könyvében.

«Valamint minden mozgás, mielőtt önkényes lehetne, előbb mint reflex-mozgás nyilvánul, úgy itt is attól függ minden, hogy mindenekelőtt *alkalmas* körülmények segélyével a gondolatok *spontán* variációját indítsuk meg, hogy áttekintést és *tartós* megszokást eredményezzen. Ez legegyszerűbben a *paradoxon* segélyével történik. A paradoxon segélyével nemcsak legjobban érezzük meg valamely problema természetét, — hisz épen paradox tartalma következtében problema —, hanem az egymással ellentétes elemek egyuttal megakadályozzák a gondolatok nyugodt megállapodását és ép ama processust eredményezik, melyet gondolat-kísérletnek nevezünk.»

Ha tehát valamely gondolat-kísérleti problémát állítunk a fizikát tanuló növendék elé, akkor főtörekvésünk arra irányuljon, hogy a problémának olyan szövegezését adjunk, melyben a paradox elem domborodjék ki. Epen ez a paradox elem fogja megindítani a problema megoldásához szükséges pszichikai és logikai folyamatokat.

Hagyjuk el most Mach fejtegetéseit és térjünk rá a gondolat-kísérlet didaktikai jelentőségére. Minő szerepe van a gondolat-kísérletnek a fizikai oktatásban?

Mindenekelőtt tekintetbe kell vennünk azt, hogy a fizikai oktatás célja nem tisztán fizikai ismereteknek, tehát ismeretanyagnak a közlése, hanem egyidejűleg az anyaghoz kapcsolódó logikai funkciók gyakorlása is. E logikai funkciók között első helyen áll a *fogalom alkotás*. A fizikai oktatás mindenkor a tapasztalatból indul ugyan ki, de igazi eredményre nem vezetne és célját tévesztené, ha az érzékléstől független, *spontán módon közreműködő* gondolkodás nem fűződne hozzá.¹

El kell ismerni, hogy a középiskolai anyag igen sok nehéz elméleti fogalmat tartalmaz, melyeknek pontos megértése, minden irányban való szabatos megrögzítése, elsőrendű feladat. Mindjárt a mechanikában meg kell ismertetni a növendéket a sebesség, a gyorsulás, az erő stb. elvont és nehéz fogalmaival, a potenciálról nem is szólván. Nem elegendő, hogy a növendéknek e fogalmak meghatározását nyújtjuk, vagy megmagyarázzuk minő összefüggésben vannak e fogalmak más ismert fogalmakkal, vagy hogy pl. matematikai formulák segítségével állítjuk elő őket. Ily módon, mint Kiessling² helyesen megjegyzi, esetleg egészen megváltoztatjuk a fogalom tulajdonképeni tartalmát.³

¹ Dr. K. Kost: Der logische Zusammenhang in der Physik. Progr. Abh. des Grossh. Gymnasiums in Büdingen. 1893.

² Baumeister: Handbuch... II. kötet: Didaktik und Methodik.
Dr. J. Kiessling: Physik., pag. 35.

³ Kiessling megjegyzi, hogy pl. milyen helytelen eljárás, ha a tanár a sebesség ilyen közismert definícióját adja: a sebesség az időegy-



A fizikai oktatás kétségtelenül elsősorban, tapasztalati megfigyelés alapján, változásoknak a törvényszerűségével ismerteti meg a növendéket, e változások törvényszerűsége pedig egy sereg elméleti fogalom ismeretét involválja, mely fogalmakat legalább részben magának a növendéknek kell megkonstruálnia. A fizikai oktatás egyik nagy feladata tehát — mely feladatot eddig talán nem értékelték kellően — a helyes fogalomképzésben nyilvánul és e szempontból neki mint tantárgynak, nagy formálisan képző erőt is tulajdoníthatunk.

A tanuló az elméleti fogalmakat csak akkor fogja teljesen appericipiálni, ha *öntevékenység* révén maga is hozzájárulhat azok megkonstruálásához. Módot kell tehát nyújtani a tanulóknak erre a munkára és e tekintetben a legcélszerűbb didaktikai eszköz a gondolat-kísérlet. A megalkotott fogalmak szabatossá tétele, mintegy újból való megalkotása és ezáltal való teljes appericipiálása épen a gondolat-experimentum segítségével történik. A *gondolat-kísérlet legnagyobb didaktikai értéke tehát fogalomképző erejében van.*

Azáltal, hogy a gondolat-kísérletben a paradox elemet domborítjuk ki, mindenekelőtt megteremtjük az apperceptio egyik legfontosabb pszichikai feltételét, a figyelmet, a feladat megoldása iránti érdeklődést. Itt található meg egyúttal a gondolat-kísérlet másik didaktikailag értékes tulajdonsága: t. i. *hathatós eszköze a figyelemkeltésnek.*

Vége a tanítás *ökonomiája* szempontjából is rendkívül értékes, amennyiben lehetővé teszi a tanulóknak, hogy odahaza gondolatban oly experimentumokat hajthasson végre, melyeket a tanár részben az idő rövidsége miatt, részben technikai okokból, részben pedig a dolog természete következtében fizikailag nem mutathat be.

A gondolatbeli kísérletezésre való anyagot oly fizikai példákban találjuk meg, melyekben nem kvantitatív viszonyok szerepelnek, hanem melyek bizonyos problémák megoldását tűzik ki feladatul (Denkaufgaben). Ilyen példák különösen Poske közismert folyóiratának* régiebb számaiban találhatók.

Lássuk már most két ilyen példán a gondolat-kísérlet fejtegetett sajátosságait. E célból két különböző típusu példát választottam ki. Az egyik példa Machnak már idézett munkájában található és így szól: *egyensúlyozott elzárt üvegcsében légy ül, felbomlik-e az egyensúly, ha a légy felszáll és az üvegcsé belsejében lebeg?*

ségben megtett út, vagy a sebesség az út és idő viszonya. Az út és idő segítségével csak mérjük a sebességet, de nem adjuk meg a sebesség fogalmát, mely lényegében intenzitás fogalom.

* Poske: Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht.

A paradox elem kidomborítása, melyre az érdeklődés és a figyelem keltése érdekében szükség van, itt abban áll, hogy a tanár a növendékek rövid ideig való találgatása után, közli a helyes megoldást, hogy t. i. az egyensúly nem bomlik fel. Ez utóbbi körülmény első pillanatra tényleg paradoxnak látszik; a növendék feladata lesz már most, gondolatbeli kísérlet segítségével, az összes közreműködő körülmények figyelembe vételével, e látszólagos paradox dolgot beigazolni. Ily módon a *belső erő* fogalmára jut, melyet már ismernie kell, melyet azonban talán csak most apperceptiál teljesen. Ez a példa tehát a *belső erő* fogalmának megrögzítésére alkalmas.

A második típusu példa, melyet Kiessling közöl, a következőképen hangzik. *Valamely testet zsinegre erősítve horizontális irányban körbe forgatunk, ily módon centralis körmozgásban lesz. Ha a földneheztségi erőtlől eltekintünk, a mozgó test két erő hatása alatt áll, a tangenciális és a centripetális erő hatása alatt. Utóbbival szemben a centrifugális erő mint reakció, a zsineg kifeszítésében nyilvánul. Ha most valamely pillanatban a zsinéget elvágjuk, a testnek a centrifugális és tangenciális erők eredője irányában kellene elrepülnie; a tapasztalás ellenben azt mutatja, hogy a test mindenkor tangenciális irányban repül el. Hol van tehát következtetésünkben a hiba?*

A hibát a növendék ismét gondolatban való experimentálás segítségével fogja megtalálni. Ez a példa azért más típusu, mint az előbbi, mert itt szándékosan hibát követtünk el a következtetésben és ily módon jutottunk a tapasztalással ellenkező, paradox eredményre. Az első példában a növendéknek a *látszólagos paradox* eredményt gondolat-kísérlet segítségével verifikálnia kell, a második esetben a *tényleges paradox* eredmény okát felkutatni, szintén gondolatban való kísérletezés segítségével. Végelemzésben valamennyi példa erre a két fő típusra vezethető vissza. A második példát Kiessling a centrális mozgásban működő erők fogalmának szabatos megrögzítésére ajánlja.

Kérdés már most, hogy milyen helyet adjunk a gondolat-kísérletnek a formális fokozatokban. Természetes, hogy a formális fokozatoknak az oktatásban való olyan szolgálai keresztülvitele, mint azt Ziller iskolája akarta és tette, ma már túlhaladott álláspont. Fokozatokra azonban mégis szükség van, mert hiszen minden ismeretszerzés lényegében mindig ugyanazon pszichikai és logikai folyamatokat involválja. A gondolat-kísérletet csak akkor alkalmazhatjuk, ha a tények képzeteit — mint Mach mondja — már ismerjük. A tanuló csak akkor hajthatja végre a gondolat-kísérletet, ha mindama fizikai ismeretekkel már rendelkezik, melyeket a kísérlet végrehajtása feltételez. Ismernie kell már azt a fogalmat, melynek megrögzítését a

példa célozza. A gondolat-kísérletet tehát a Herbart-Ziller-Rein-féle fokozatok *alkalmazás-fokába* sorozhatjuk. Ha pl. a centrális mozgás anyagát methodikus egységnek vesszük, akkor az említett Kiessling-féle példát az egység végén alkalmazhatjuk.

Végelemzésben tehát arra jutottunk, hogy a gondolat-kísérletnek a fizikai oktatásban didaktikai értéke van. A nevelő oktatás közvetlen célja a tárgy iránti érdeklődés felkeltése. «Interesse ist Selbsttätigkeiten», mondja Herbart, már pedig a gondolatban való kísérletezés a növendék öntevékenységét eredményezi, tehát az érdeklődésnek és ezzel kapcsolatban a figyelem felkeltésének kiváló eszköze. Láttuk, hogy az elméleti fogalmak rögzítésére mily fontos és végre a tanítás ökonomiája szempontjából is mennyire kívánatos.

Didaktikai szempontból nem nagy baj, ha a növendék a kitűzött problémát helytelenül oldja meg; csak arra kell törekedni, hogy ilyen esetben is meg tudja *motiválni* a saját megoldását, mert csak ebben az esetben győződhetünk meg arról, vajjon tényleg experimentált e gondolatban. Ily esetekben legalább az érdeklődést sikerült felkelteni, ami mindenesetre megbecsülendő.

Lázár Szilárd.

Az amerikai nevelés gyakorlati iránya.

(A Mosely bizottság jelentése alapján)*

Felolvasó ismertetésének létrejöttét azzal indokolja, hogy több lap nyilatkozata szerint, dr. Molnár Viktor államtitkár az angol nevelés gyakorlati irányáról nagyon elismerően nyilatkozott. Majd elmondja a Mosely tanulmányi bizottság létesülésének indokát. Mr. Mosely-t a Kap földön működött mérnökök sikere készítette arra, hogy meglátogassa azt a földet (az Egyesült Államokat), mely ily férfiakat képes nevelni. Így jött létre egy 26 legkiválóbb állásokban lévő férfiakból álló tanulmányi bizottság, mely kettős irányú — általános nevelői és ipari — kutatásait 1902 és 1903-ban végezte.

A tanulmány útról: a) egy közös jelentést; b) az elnök áttekintő ismertetését és c) az egyes tagoknak, szakok szerint csoportosított észleleteit adták ki.

A közös jelentés a lelkesült munkát a tanító és tanítvány részéről, az osztály-előítélet s a vallási nehézség hiányát s az elmélet és gyakorlat közötti legszorosabb kapcsolatot emeli ki.

Mosely elnök azon meggyőződésének ad kifejezést, hogy az

* Kivonat a szerzőnek a M. Pæd. Társ.-ban tartott felolvasásából.