Huszti Anett – Revákné Markóczi Ibolya

A modellezés pedagógiája a természettudományos oktatásban

A természettudományos oktatás jelenlegi helyzetéből történő kitörés évek óta foglalkoztatja a magyar közoktatást és társadalmat. A természettudományos nevelés legfontosabb helyszíne a tanítási óra, ahol azon múlik minden, hogy a tanár milyen tudással és módszerekkel éri el azt, hogy diákjai szeressék tanulni a természettudományokat, és aktív részesei legyenek a természeti jelenségek megismerésének. Ilyen módszer a modellezés, amely a természettudományok oktatásában kezdetektől fogva ismert mint a megismerés eszköze. Ugyanakkor, ha a tanítási óra fő didaktikai feladatává tesszük, sokat tehetünk a hatékony megismerés és a problémamegoldó gondolkodás fejlődése érdekében.

A MODELL FOGALMA ÉS JELLEMZŐI

A modell egy adott jelenség, objektum szemléltetését és megértését szolgáló rendszer. Mindig ember által konstruált, jellemzőit a bemutatandó tárgy, jelenség, folyamat bemutatni kívánt tulajdonságai határozzák meg. Így a modell a valóságnak csak néhány elemét reprezentálja (Gilgbert–Iretoni 2003).

Nádasi (2006) szerint a modell, amely valamilyen tárgynak, szerkezetnek, rendszernek, struktúrának kísérleti vagy bemutatási célokat szolgáló nagyított vagy kicsinyített mása, abban különbözik a makettől, hogy az általa prezentált rendszert csak bizonyos nézőpontból mutatja be (Nádasi 2006).

Ez a két definíció a többihez hasonlóan közös abban, hogy *a modell a valóság analógja, annak lényegi vonásait tükrözi vissza.*

A modellek értelmezése és típusai az alkalmazás céljától függően sokfélék lehetnek. Nádasi (2006) a természettudományos oktatásban ténylegesen használt modelleket kilenc csoportba sorolja, melyek hagyományos vagy elektronikus eszközök segítségével megjelenített strukturális, funkcionális és elméleti modellek (*1. táblázat*).

A tanítás és tanulás szemszögéből a modell a hagyományos szemléltető eszközök (taneszközök) közé tartozó oktatástechnikai eszközként is megfogalmazható, mely az I. generáció I. nemzedékéhez tartozik tudománytörténeti besorolását illetően. Egyidősek magával az oktatással (Franyó 2002). Ebben a csoportban találjuk meg a modell mellett a makettet, a metszetet és a kísérleti eszközt.

A modellinformációt adó rendszer, melynek célja az emberi megismerési folyamat elősegítése, újabb ismeretek szerzése. Az értelmi elsajátítást oly módon segíti, hogy az egyébként bonyolult, láthatatlan folyamatokat leegyszerűsíti, szemléltethető állapotba hozza.

1. TÁBLÁZAT: A természettudományos oktatásban használatos modellek típusai (NÁDASI 2006)

A modell elnevezése	**Alkalmazásának jellegzetes példája**
Domborzati modell	Földrajzi modellek, a földfelszín megjelenítései, dombortérképek
Elektronikus szimulátor	Csillagvetítős planetárium
Elvi működési modell	Gázcsere-nyílás modell
Komplex modell	Szétszedhető, összerakható anatómiai modellek, torzók, virágmodellek
Makett, statikus modell	Rovarok összetett szeme
Működő modell	Lepke pödörnyelvének modellje
Számítógépes modell	2D, 3D grafika, animáció, szabad nézetű, léptékű realisztikus v. szimbolikus vizuális ábrázolás
Szimbolikus modell	Atom- és molekulamodellek, szerkezeti, strukturális és kötés-modellek, állkapocs-modell a fogakkal
Vizuális animációs modell	Jelenségek (pl. vulkánizmus), elvi, dinamikus v. szimbolikus modellek (pl. DNS rajz- v. trükkfilmje)

Gilbert és Ireton (2003) a modelleket három csoportba sorolja:

- mentális modellek,
- konkrét modellek,
- absztrakt modellek.

A *mentális modell* értelmezésükben egy olyan eszköz, jelrendszer, melynek segítségével kommunikálunk, gondolatainkat kifejezzük. Így akár az emberi beszéd is modellnek tekinthető, mely gondolataink lényegét egy nyelvi jelrendszer segítségével érzékelteti. Ez a modell az agyban születik, ott jelenik meg az idegsejtek speciális asszociációs mintázataként. Az agy saját modellje funkciója következtében a végrehajtó szervek által kívülről is érzékelhetővé válik, a beszédmozgató központ működésbe lép.

A *konkrét modellek* ezzel szemben kívülről ténylegesen érzékelhető materiális rendszerek.

Típusai:

1. Struktúramodellek. Valamely természeti objektum, jelenség szerkezetének nagyított vagy kicsinyített másai. Formájukban és tartalmukban tükrözik a valóságot, méretükben azonban az eredeti szerkezet makroszkopikus vagy mikroszkopikus méreténél fogva eltérőek. Példa: virágmodell, domborzati modell, emberi torzó stb.
2. Funkcionális modellek. A természeti jelenségek, folyamatok összefüggéseinek megértését szolgáló modellek. Szerkezetükben gyakran alapvetően különböznek az eredeti struktúrától, annak csak a működés szempontjából lényeges elemeit mutatják. Példa: Donders-modell a be- és kilégzés folyamatának szemléltetésére, szivacsból készült vulkánmodell, különböző méretű és formájú üvegedények a közlekedőedények törvényszerűségeinek szemléltetésére stb.
3. Szimbolikus modellek. Szavak és szimbólumok segítségével mutatják be a valós objektumot és azok összefüggéseit. Példa: rendszerábrák, folyamatábrák, tervrajzok, fogalmi térképek stb.
4. Matematikai modellek. Kvantitatív értékekre és értékelésre, valamint összefüggések leírására alkalmas modellek. Példa: képletek, egyenletek, grafikonok.
5. Számítógépes modellek. Valamely struktúrát, folyamatot, összefüggést, meglévő adatok alapján, elektronikus formában szemléltető modellek. Általában matematikai alapokon konstruálódnak és alkalmasak a szerkezet és működés összefüggéseinek egyidejű bemutatására. Kiválóan használhatók az anyagszerkezet, a molekuláris szintű folyamatok szemléltetésére csakúgy, mint az elvont, esetleg gigantikus méretű természeti jelenségek megjelenítésére.

Az *abszrakt modellek* körébe Gilbert és Ireton szerint az adott természeti jelenségre vonatkozó hipotézisek és elméletek tartoznak, melyek az adott jelenség lényegének célirányos megfogalmazásai.

Az itt felsorolt néhány példa azt bizonyítja, hogy bár a modellek több szempont alapján csoportosíthatók, minden esetben az általuk reprezentált jelenségek egy kiválasztott szempontból történő bemutatását szolgálják.

A modellek jellemzői:

- Mesterségesek, minden esetben emberi konstrukciók.
- Haszonelvűek, mert valamilyen cél érdekében jönnek létre.
- Egyszerűsítettek és lényegretörők. Az általuk reprezentált valóságnak a bemutatás céljából lényeges elemeit mutatják be. Fontos, hogy a modell bonyolultsága megfeleljen a tanított korosztály és a tananyag igényeinek. Ha sokkal bonyolultabb és részletgazdagabb, mint amilyen a célnak megfelel, a tanulók figyelmét könnyen elvonják a részletek a modell lényeges elemeiről. Fontos továbbá, hogy a modell szétszedése és összerakása is egyszerű legyen, ne igényeljen túl sok időt. Ez különösen a csoportos feldolgozás során kap nagy jelentőséget.

- Láthatóság és átláthatóság jellemzi őket, ami a megértés érdekében elengedhetetlen tulajdonsága egy modellnek.
- Nyitottság. A jó modellek (elsősorban az elméleti modellekre igaz) továbbalakíthatók, formálhatók, redukálhatók és bővíthetők.
- Érvényesek, azaz megfelelnek a hasonlóság elvének, a valóságot hűen tükrözik.
- Tévképzetektől mentes. Nem tartalmaz olyan elemet, amely a túlzott leegyszerűsítés következtében a tanulókban az adott jelenséggel kapcsolatban hamis, nem valós kép kialakulását eredményezi. Ha mégis előfordul, az a tanártól alapos magyarázatot igényel, melynek során felhívja a tanuló figyelmét arra, hogy a modell adott eleme könnyebbé teszi a megértést, de az a valóságban egyszerűbb, kisebb, nagyobb vagy bonyolultabb képet mutat.

MODELLEZÉS A TANÍTÁSI ÓRÁN

A modellezés didaktikai funkciója az alkalmazás céljától függően kettős szerepet tölthet be.

1. A tanítási óra egy adott fázisában a jelenség, folyamat szemléltetését, megértését szolgáló szemléltetési módszer.

A természettudományos jelenségek bemutatásakor mindig törekednünk kell a valóság bemutatására. Ha erre nincs lehetőségünk, akkor alkalmazhatunk a jelenség szemléltetésére szolgáló más eszközt, illetve módszert is, mint például a modellezés. Különbséget kell tennünk az eszköz mint modell és a módszer mint modellezés között. A modell ugyanis csak egy eszköz abban a folyamatban, melynek célja egy szimbólumrendszer (modell) felhasználásával történő ismeretelsajátítás. A modellezés mint módszer a következő követelményeknek kell, hogy eleget tegyen:

- A modell megnevezése.
- A modell funkciójának, alkalmazási céljának ismertetése.
- A modell analizálása, részeinek megnevezése, a részek és a valóság közötti kapcsolatok, analógiák feltárása (a modell adott eleme minek felel meg a valóságban).
- A modell működésének bemutatása.
- A modellekkel történő manipuláció. (Elsősorban önálló tanulói alkalmazás esetén, például kémia órán az egyes molekulák térbeli szerkezetét szemléltető kalotta-modell.)
- A modell segítségével adott struktúra, folyamat értelmezése, elsajátítása.

A tanár feladata a modellek alkalmazása során:

- Igyekezzen a bemutatott modell legfontosabb és legjellemzőbb tulajdonságait a tanulók elé tárni. Ne vesszen el részletkérdésekben. Ha frontális bemutatást alkalmaz, hívja fel a tanulók figyelmét a legfontosabb elemekre, részekre, törekedjen a lényeg kiemelésére, az összefüggések megláttatására!

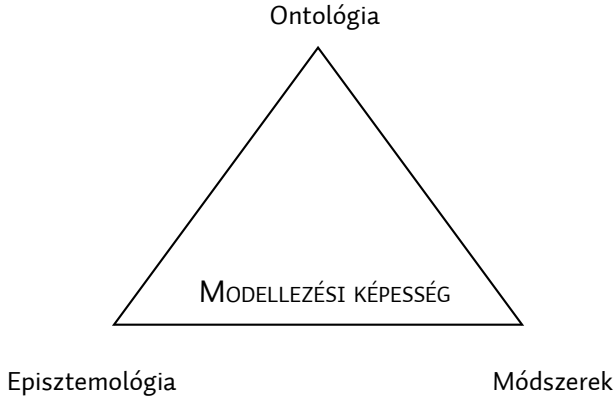
- Úgy helyezze el, hogy mindenki hozzáférhessen, jól láthassa, szükség esetén kézbe vehesse!
- Biztosítsa a megfelelő körülményeket a modell bemutatásához (tanulói asztal, tálca tartóállvány, zsinegre való függesztés stb.)!

2. A modellezés mint fő didaktikai feladat

Az utóbbi néhány évtizedben a modellezés fő didaktikai feladatként számos országban vált gyakorlattá a természettudományos nevelésben. Alkalmazásának hatékonyságát több kutatás is igazolja, miszerint a modellezés módszere fejleszti a tanulók természettudományos gondolkodását, metakognitív képességeit, a természettudományos fogalmak megértését és alkalmazásának képességét, a természettudományos problémamegoldó gondolkodást (Clement 1989; Coll–France–Taylor 2005). A modellezés képessége révén a tanulók természettudományos ismeretelsajátítási folyamata hatékonyabbá, gondolkodásuk analitikusabbá válik, jobban odafigyelnek a részletek elemzésére, azok megértésére, a rész-egész viszonyának összefüggéseire (Swarz–White 2005). A modellezés a természettudományos műveltség része (Gilbert–Boulter–Elmer 2000).

A modellezés képessége három dimenzió mentén alakítható ki (CHOU 2007; WU 2007; CHIU 2007) *(1. ábra)*.

1. ábra: A modellezési képesség három dimenziója (CHOU 2007; WU 2007; CHIU 2007)



1. Az *ontológiai* dimenzió a modell és modellezés fogalmának ismeretére vonatkozik. A tanulónak tudnia kell, hogy a modell a valóságnak egy adott cél szerinti megjelenési formája, az adott jelenség lényegét, összefüggéseit reprezentálja.
2. Az *epistemológiai, ismeretelméleti* dimenzió a modell és modellezés sajátosságainak és folyamatának a megismerését foglalja magába, mely sajátos tantárgyi kontextusban, az adott természettudományos tantárgyhoz tartozó szaktárgyi ismeretek elsajátítása közben történik.

3. A modellezés *módszere* már egy alkalmazási szint. A tanulók a már kialakult modellezési képességek birtokában modelleket konstruálnak, melyek segítségével megértik a természettudományos jelenségeket, természettudományos problémákat oldanak meg. Ebben a dimenzióban a modellezés mint képesség jelenik meg a természettudományos megismerésben.

Amikor a modellezést a tanítási óra fő didaktikai feladatának tekintjük, ezen utóbbi dimenziót kell alapul vennünk. Ahhoz azonban, hogy tanulóink eljussanak arra a szintre, hogy modellezési képességeik révén önállóan is tudjanak egy természettudományos jelenséget modellezni, elengedhetetlen, hogy előtte minden lehetséges alkalommal tudatosan alkalmazzunk modelleket a megismerés folyamatában.

A modellezés folyamata:

- A modellezni kívánt probléma, ismeret, jelenség, folyamat feltárása, megfogalmazása;
- A modell kiválasztása;
- A modell létrehozása;
- A modell elemzése és működtetése;
- A modell érvényességének megállapítása;
- A modell újragondolása, javítása, bővítése (Halloun 1996).

Marx és Tóth (1985) modellezésre vonatkozó folyamatleírása a Halloun által megadott elemekhez képest részletesebb, így a gyakorlatban történő megvalósítás szempontjából követhetőbb minta:

a) A valóság tisztelete és megfigyelése.
b) A lényeges vonások, a fontos adatok kiválasztása.
c) Modellalkotás: a kérdéses adatok változását értelmező, kevés szabadsági foka és szemléletessége folytán nyomon követhető rendszer szerkesztése.
d) A modell működtetése: további jelenségek előrelátása a modell alapján.
e) A modell ellenőrzése kísérletekkel, érvényességi határainak letapogatása.
f) A modell magabiztos gyakorlati alkalmazása annak érvényességi határain belül.
g) Az érvényesség határán túl a modell javítása, gazdagítása, kutatás újabb modell után.

Az itt bemutatott két példa a modellezés folyamatára vonatkozóan a tanításban a következőképpen fordítható le:

1. A modellezni kívánt ismeret, probléma feltárása, elemzése, megfogalmazása.
2. A modell céljának megállapítása.
3. Az elkészítendő modell és a szemléltetni kívánt valóság összeegyeztetése.
3. A modellkészítés módjának átgondolása.
4. A modellkészítéshez szükséges eszközök és anyagok számbavétele.
5. A modell elkészítése.
6. A modell kipróbálása, működtetése, érvényességének megállapítása.
7. Szükség esetén a modell korrekciója.

A modellezés mint fő didaktikai cél, a gyakorlatban egy vagy több tanítási órát átfogó feladat.

Alkalmazásának különböző, egymásra épülő szintjeit különíthetjük el:

1. szint: Egyszerű *struktúramodellek* készítése az elsajátított ismeretek *alkalmazása céljából, tanári instrukciók* alapján, kiadott minta, eszközök és anyagok segítségével.
2. szint: Egyszerű *struktúramodellek* készítése az elsajátított ismeretek *alkalmazása céljából, önálló elképzelés alapján,* egyénileg választott eszközök és anyagok segítségével.
3. szint: Egyszerű *struktúramodellek* készítése *új ismeretek elsajátítása céljából,* önálló elképzelés alapján, egyénileg választott eszközök és anyagok segítségével.
4. szint: *Funkciómodellek* készítése *alkalmazás céljából, tanári instrukciók* alapján, meghatározott anyagok és eszközök segítségével.
5. szint: *Funkciómodellek* készítése az elsajátított ismeretek *alkalmazása céljából, önálló elképzelés alapján,* egyénileg választott eszközök és anyagok segítségével.
6. szint: *Funkciómodellek* készítése *új ismeretek elsajátítása céljából, önálló elképzelés alapján,* egyénileg választott eszközök és anyagok segítségével.
7. szint: *Elméleti modellek* készítése *alkalmazás céljából, tanári instrukciók alapján* meghatározott anyagok és eszközök segítségével.
8. szint: *Elméleti modellek* készítése az elsajátított ismeretek *alkalmazása céljából, önálló elképzelés* alapján, egyénileg választott eszközök és anyagok segítségével.
9. szint: *Elméleti modellek* készítése *új ismeretek elsajátítása céljából, önálló elképzelés alapján,* egyénileg választott eszközök és anyagok segítségével.

A felsorolás egyre magasabb szinteket jelent a modellezés folyamatában, melyeket célszerű egymásra építeni. Az építkezés során fejlődik a tanulók modellezési képessége, rutinosabbá válnak a modellek fogalmának ismeretében, azok elkészítésében, a velük történő manipulációkban, alkalmazásuk módszereiben. A fokozati sor egyben életkor szerinti szinteket is jelent. Míg egy struktúramodellt az ismeretek alkalmazása céljából tanári instrukciókkal akár már az általános iskola alsóbb osztályaiban is elkészíthetünk, addig a funkciómodellek, de még inkább az elméleti modellek megalkotása, felsőbb évfolyamos diákoknak, illetve középiskolásoknak ajánlott.

Abban az esetben, ha a modellezéssel a már elsajátított ismeretek *alkalmazása a cél,* a modellkészítést kezelhetjük a tanítási óra részeként, vagy egy teljes gyakorlati vagy összefoglaló órát is szánhatunk rá.

Az *új ismeret elsajátítása céljából* történő modellkészítés azonban már hosszabb időt vehet igénybe. Gondoljunk például egy számítógéppel megalkotott elméleti modellre. Ez a feladat napokat vesz igénybe, s a tanuló otthoni munkáját is igényli. A modellezés ebben az esetben nem biztos, hogy összeegyeztethető a kötelező tananyaggal, ellenben kiváló lehetőség a tehetséges tanulók követelményrendszerhez tartozó, azon felüli ismereteinek bővítésére. Az elméleti modellek esetében azonban nem feltétlenül a modellezés ez utóbbi,

magasabb szintjére kell csak gondolni, hiszen ebbe a kategóriába tartozik egy fogalmi térkép vagy gondolati térkép megalkotása is, ami új ismeret elsajátítása céljából akár csoportfeladat is lehet az adott tanítási órán.

A modellezés mint fő didaktikai feladat ma még nem elterjedt módszer a hazai természettudományos nevelésben. Alkalmazásán azonban érdemes elgondolkodnunk, mivel ezáltal az élet egyéb területein is jól hasznosítható képességekre tesznek szert tanulóink.

IRODALOM

Chiu, M. H. (2007): *The theoretical framework and the development of the instrument regarding model and modelling.* Paper presented at the 23rd annual meeting of science education in Taiwan, Dec. 13–15, 2007, Kaohsiung/Taiwan.

Chou, C. C. (2007): *Investigating senior high students' undersatnding of the category and composition of scientific models.* Paper presented at the 23rd annual meeting of science education in Taiwan, Dec. 13–15, 2007, Kaohsiung/Taiwan.

Clement, J. (1989): Learning via model construction and criticism. In Glover, R., Ronning, R., Reynold, C. (Eds.): *Handbook of creativity, assessment, theory and research.* Plenum, New York.

Coll, R. – France, B. – Taylor, I. (2005): The role of models and analogies in science educdation: Implications from research. *International Journal of Science Education*, 27 (2). 183–198.

Franyó István (2002): A tantárgy helyzete a tantárgyi modernizációs folyamatban. *Új Pedagógiai Szemle*, 5. sz. 24–37.

Gilbert, J. K. – Boulter, C. J. – Elmer, R. (2000): Positioning models in science aducation and technology education. In: Gilbert, J. K., Boulter, C. J. (Eds.): *Developing models in science education.* The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Gilbert, S. – Ireton S. (2003): *Understanding Models in Earth and Space Science*. VA: NSTA Press, Arlington.

Halloun, I. (1996): Schematic Modelling for meaningful learning of physics. *Journal of research in Science Teaching*, 33 (9). 1019–1041.

Marx György – Tóth Eszter (1985): Modellalkotás a természettudományos nevelésben. In Boros – Fodor – Sarkadi (szerk.): *Tanári kézikönyv Gimnázium, Fizika I.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Nádasi András (2006): Modellek a természettudományos jelenségek és fogalmak szemléltetéséhez. http://olvasas.opkm.hu/index.php?menuId=125&action=article&id=715 [2011. 03. 12.].

Schwarz, C. V. – White, B. Y. (2005): Metamodelling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23 (2). 165–205.

Wu, M. J. (2007): *The investigate the nature of scientific models from the perspective of epistemology.* Paper presented at the 23rd annual meeting of science education in Taiwan, Dec. 13–15, 2007, Kaohsiung/Taiwan.