

„Szerintem fenomenális volt ez a fizikashow!”

„Igaz, hogy még ötödikes vagyok, és nem tanulok kémiát és fizikát, de nagyon érdekelt, és nem csalódtam, hogy eljöttem.”

„Felejthetetlen élmény volt! Eddig csak néző voltam, de most a fizikashow része voltam!”

„Őszinte örömet okozott, hogy láttam a nézőkön, hogy tetszett nekik.”

A show hatásai

Kommunikáció, kapcsolatok

Tapasztalataim szerint a mai tanulók nagy része nem képes adott témáról egybefüggően, összeszedetten beszélni. A bemutatót tartó tanulók sokat gyakorolják azt, hogyan kell saját szavaikkal adott jelenségről érthetően beszélni, kontaktust teremtenek a látogatóval, az érdeklődőkkel. A bemutatót végző csoporton belül munkamegosztás és kötetlen, játékos hangulat alakul ki már a kísérletek próbái alatt. Névkártyás kitűzőik erősítik bennük az összetartozást, büszkén viselik. Diáktársaiknak, tanáraiknak általában a tudás magabiztosságával magyaráznak. A kisgyerekek számára mondanivalójukat maguktól átformálják, minden esetben egyszerű, játékos formában magyaráznak, interaktivitásra törekednek. Lelkesedésük a bemutató alatt szinte a látogatók számával együtt növekszik.

Tantárgyi attitűd, érdeklődés

A kísérleteket bemutató tanulók tantárgyszeretete hátrózzottan nőtt, ez érdemjegyeiken is látszik. Fizika érdemjegyük általában egy egészet javult a bemutatót követő év végén az előző évi eredményhez viszonyít-

va. Sokan közülük 2-3 bemutatóban is részt vesznek. Más szemmel nézik a tanórán bemutatott kísérleteket, ők maguk is ötletekkel állnak elő, kísérleteket hoznak. Jobban figyelnek az interneten fellelhető kísérletekre, új tudományos felfedezésekre. A szakköri létszám az utóbbi években folyamatosan nőtt. A kezdeti (2007-es) 14-15 fő 2010-re duplájára növekedett. Fontos megemlíteni, hogy megnőtt a kísérletes fizikaversenyek iránti érdeklődés. A Károly Iréneusz Fizikaverseny iránt már annak kiírása előtt is nagy az érdeklődés. Az utóbbi években a kísérletezők közül sokan választottak természettudományos, illetve a fizikával kapcsolatos pályára irányuló továbbtanulást. A kísérletező tanulók jelentős hányadát (több mint felét) képviselő fizikaszakkörös tanulók közül az utóbbi öt évben végzetek (12) továbbtanulási iránya a következőképpen alakult: hat műszaki (mérnök), kettő informatikus, négy fizika (ebből kettő fizikatanár szeretne lenni).

Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti a bajai Szent László ÁMK vezetését, a „Fizikashow” rendezvények erkölcsi és anyagi támogatásáért. Köszönöm Szabó Attila Imre kollégámnak a 2011-es és 2012-es show kémia kísérleteinél végzett munkáját. Köszönettel tartozom azoknak a már végzett tanulóinknak, akik éveken át ötleteikkel, munkájukkal emelték a bemutatók színvonalát: *Béni Kornél, Lájer Márton Kálmán, Pusztai Máté, Rádi Roberta*. Köszönöm témavezetőm, *Tél Tamás* (ELTE, Elméleti Fizika Tanszék) segítségét, hasznos tanácsait.

A „Fizikashow”-k képei és videói megtekinthetők az alábbi weboldalon: www.fizikashow.hu

A FIZIKA TANÍTÁSÁHOZ SZÜKSÉGES TANÁRI TUDÁS RENDSZERE – I. RÉSZ

Radnóti Katalin, ELTE TTK Fizikai Intézet

Adorjáné Farkas Magdolna, Arany János Általános Iskola és Gimnázium

A tanárképzésnek kétféle modellje különíthető el napjainkban, amelyek *sarkítva* megfogalmazva a következőképp foglalhatók össze:

- Csak *a szakmai tudás a fontos*. Amennyiben a tanárjelölt jó szakmai alapokat kap, akkor már ezzel felvértezve képes szaktárgyát jól tanítani. Ekkor kiválóan meg tudja állni a helyét, bármilyen iskolatípusban tanít. A fizika tanításának lényege az, hogy a tanár magasabb matematikai ismeretek alkalmazása nélkül képes legyen diákjainak elmagyarázni az éppen feldolgozni kívánt ismereteket, majd azzal kapcsolatos feladatokat megoldani.

- *A pedagógiai tudás a fontos*. Ha a frissen végzett tanár jól tud bánni a gyerekekkel, jó kapcsolatot alakít ki a kollegákkal és a szülőkkel, megtanulja a különböző óravezetési típusokat, akkor a szakmai tartalom kevésbé fontos, hiszen az a gyakorlat során kialakul.

Azt gondoljuk – nyilvánvaló mindenki számára –, hogy *mindkét modell végletesen leegyszerűsíti a tanárképzést*. A *híd* a kétféle elképzelés között a *szakmódszertan* lehet. De jelen írásban nem csupán ezzel szeretnénk foglalkozni, hanem vázlatosan azt is át szeretnénk tekinteni, milyen tudásrendszer szükséges ahhoz, hogy a tanár ténylegesen képes legyen helyt

állni választott hivatásában. A *szaktanári* feladatok ellátásához a szaktudomány magas szintű ismeretén kívül – véleményünk szerint – még a következő háttérismeretek, segédtudományok alapjainak ismerete szükséges:

- filozófiai, ismeretelméleti tudás,
- a megismeréssel (kogníció) kapcsolatos ismeretek,
- hétköznapi tapasztalatok, hétköznapi fogalmak és azok értelmezése,
- az adott tudományterület történetének ismerete, a fogalmi rendszer kialakulása, amelyeken bizonyos mértékig a tanulóknak is végig kell mennie,
- az éppen tanított diákcsoport aktuális tudásának ismerete, milyen előzetes tudásuk, esetleges félreértelmezéseik lehetnek a feldolgozandó témakörrel kapcsolatban.

A felsorolásból látható, hogy a szaktanári mester-séghez alapvetően másféle tudásrendszer szükséges, mint az adott szakterület kutatói számára. Ez persze nem azt jelenti, hogy ne lehessen „átjárás” a kétféle szakma között.

A posztmodern filozófia néhány gondolata

A 20. század első felétől kezdődően nagy változások történtek a tudományfilozófia területén (ezeket sokan elítélően említik). A továbbiakban röviden összefoglaljuk azokat az elképzeléseket, amelyek szerint az e kérdésekkel foglalkozó szakemberek látják a tudomány történetét, az új tudományos eredmények megszületését és azok fogadtatását. Ennek komoly pedagógiai vetülete is van.

Az említett változás lényege az volt, hogy a tudományelméletben széleskörűen elfogadottá vált a tudományos fejlődés elméletközpontú megközelítése. Ezen elképzelések szerint a tudományos eredmények a nagy elméletek formálódásának, tesztelésének, igazolásának és cáfolásának folyamatában jönnek létre.

Hans Reichenbach [1] veti fel azt a kérdést, hogy milyen gondolkodási folyamatok vezetnek felfedezésekhez. Megállapítja, hogy „a gondolkodás pszichológiai műveletei meglehetősen határozatlan, elmosódó folyamatok; szinte sohasem igazodnak a logika előírásaihoz”. Ez igaz mind a köznapi, mind pedig a tudományos gondolkodásra. Vagyis a tudósok kutatásaik során valójában nem aszerint gondolkodnak, ahogyan azt későbbi publikációikban, konferencia-előadásaikban vagy egyetemi óráikon megjelenítik. Amikor tudományos gondolatokról beszélünk, nagyon sokszor csak a letisztult, rekonstruált gondolatmenetokről van szó. Reichenbach ezeket *racionális rekonstrukcióknak* nevezi.

Az oktatás során általában az ilyen vagy ehhez hasonló módon létrehozott gondolatmeneteket szoktuk bemutatni tanítványainknak, amikor egy-egy új eredményről, felfedezésről tanítunk. *Galilei* leírása a szabadesésről tulajdonképpen racionális rekonstrukciónak tekinthető a *Dialogóban* [2].

A szabadesés törvényszerűségei Galilei színrelépése előtt már közel egy évszázada foglalkoztatták a tudósokat. Sok problémát okozott, hogy vajon az egyenletes változás az idő vagy pedig a hely függvényében értendő-e. Galilei hipotézise szerint az idő függvényében. Mai jelölésmódunkat használva a következőképpen foglalhatjuk össze gondolatmenetét, amelynek végeredményét kísérletileg vizsgálni tudta.

A sebesség legyen arányos az idővel, vagyis $v = at$. Ha a test nulla kezdősebességgel indul, akkor a középsebesség, vagy átlagsebesség:

$$v_{\text{közép}} = \frac{v}{2} = \frac{at}{2}.$$

A megtett út a következőképp számítható:

$$s = v_k t = \frac{at}{2} t = \frac{1}{2} at^2.$$

Ebből az következik, hogy:

$$\frac{s}{t^2} = \frac{a}{2} = \text{állandó},$$

amit méréssel vizsgálható módon megfogalmazva a következőképp írhatunk fel:

$$\frac{s_1}{t_1^2} = \frac{s_2}{t_2^2} = \dots$$

Mind az utat, mind pedig az időt mérni lehet és így vizsgálni, hogy fennáll-e a kettő között az előbb matematikailag megfogalmazott arányosság. A mérés közvetlen végrehajtásánál azonban felmerült egy nehézség: a szabadesés esetében túlságosan rövid időket kellene mérni. Galilei zseniális ötlete az volt, hogy vett egy kis hajlásszögű lejtőt, és ezzel – megtartván a jelenség időbeli lefolyásának jellegét – lelassította a szabadesés folyamatát úgy, hogy a rendelkezésére álló időmérő eszközökkel kellően pontos méréseket tudott végezni.

Galilei módszere a következőképpen foglalható össze:

- A fogalmak tisztázása (út, idő, sebesség és a gyorsulás fogalmának „megsejtése”).
- Hipotézisalkotás a jelenség várható lefolyására vonatkozóan (az idő függvényében egyenletesen változik a sebesség).
- Hipotéziséből matematikai úton olyan összefüggéseket vezetett le, amelyek kísérletileg ellenőrizhetőek ($s/t^2 = \text{állandó}$).
- Végül kísérleti úton ellenőrizte az elméleti következtetéseket.

Azonban a felfedezés ténylegesen nem így történt [3], hanem a vízszintes hajítás vizsgálatával, ahol feltételezte a pálya parabola alakját, amelyet kísérletileg jónak talált (közelítőleg). És tudta, hiszen a parabolát már az ókor óta ismerték, hogy ez csak úgy lehetséges, ha a függőleges mozgás (a szabadesés) során megtett út az idő négyzetével arányos. Arra, hogy a négyzetes időfüggés a sebesség lineáris időfüggésé-

ből a fenti módon származtatható, csak jóval később jött rá. De könyvének harmadik fejezetében így írta le és csak a következő, negyedik fejezetben foglalkozott a vízszintes és ferde hajításokkal.

Carl Hempel [1] az indukció problémáját vizsgálja. Szerinte a tudományos hipotézisek és elméletek nem következnek mechanikusan a megfigyelt tényekből. „A kreatív képzelőerő működtetése révén találják ki őket.” *Friederich Kekulé* (1829–1896) példáját említi, ahogyan a benzol gyűrűs szerkezete „megjelent” előtte. A nagy tudományos előrelépéseket szerencsés ötletekkel, intuícióval érik el, és egyetlen olyan szabály sem adható meg, ami hasonló helyzetekben ismételt sikert biztosít. *Karl Popper* szerint ezek sejtések, amelyekből olyan következtetéseket vezetnek le, amelyek azután megfigyelés útján vagy kísérletileg vizsgálhatók, azaz ellenőrizhetők az elmélet előrejelzései [4].

Popper továbbá rámutatott arra, hogy a tudomány nem megfigyelésekkel, hanem problémákkal kezdődik. A problémák általában akkor támadnak, amikor sejtéseinkben, előzetes várakozásainkban csalatkozunk, elméletünk ellentmondáshoz vezet, megfigyeléseink nem a várt eredményt adják stb. „A probléma sarkall bennünket tanulásra, tudásszerzésre, kísérletezésre és megfigyelésre.” Ezen gondolatok oktatásban betöltött szerepe minden tanár számára ismerősen cseng, tanítványaikat is új, érdekes problémák felvételével szokták motiválni egy-egy új anyag rész feldolgozásának kezdetén. Minden új elmélet új problémákat vet fel, és éppen e problémák megoldásán keresztül járul hozzá a tudományos tudás gyarapodásához. Popper rámutatott a kritikai megközelítés fontosságára, így is különbséget téve a racionális tudomány és a babona (áltudomány) közt. A kritikai megközelítés napjaink természettudományos oktatásának is egyik igen fontos feladata, hiszen a gyerekek a legkülönbözőbb módon kerülnek kapcsolatba áltudományos elméletekkel.

Felvetődik a kérdés, mitől függ, hogy egy elmélet jobb-e, mint a riválisa. A választ Popper a következőkben találta meg: a jobb elmélet pontosabb állítást tesz, több tényt vesz figyelembe és magyaráz meg, részletesebben írja vagy magyarázza a tényeket, kiáll olyan próbákat, amelyeket a másik nem, új kísérleti ellenőrzéseket javasol, egyesít vagy összekapcsol különféle, addig egymástól függetlennek tekintett problémákat. A tudás gyarapodásának feltételeit a következőkben látta: az új elméletnek az addig kapcsolatba nem hozott dolgok vagy tények kapcsolatára vonatkozóan új és átütő elgondolásból kell kiindulnia, olyan eseményeket kell előre jeleznie, amelyeket addig még nem figyeltek meg, és végül, de nem utolsón sorban ki kell állnia néhány szigorú ellenőrzést.

Elképzelései szerint az adott korban létrejött elméletek közül a körülmények (társadalmi, ideológiai) a legmegfelelőbbet jelölik ki, fogadják el tudományosnak, hasonlóan a *biológiai szelekció*hoz. Ő a tudományos elméletek egymás utáni megjelenését majd elfogadását mintegy *evolúciós folyamat*ként jelenítette meg az 1930-as években.

Willard Quine [1] szerint minden elmélet empirikusan aluldeterminált, ami alatt azt értette, hogy megfelelően kevés empirikus tapasztalat támaszt alá nagyon sok elméletet. Felhívta a figyelmet arra, hogy a megfigyelés, mint fogalom, belső feszültségekkel terhelt, mert nem létezik önmagában, nem szakítható el a megfigyelő előzetes elképzeléseitől, fogalomrendszerétől, beállítódásaitól. *Polányi Mihály* mutatott rá, hogy mennyire fontos a megismerő személyes részvétele minden megismerési aktusban [5].

Fehér Márta 1977-es tanulmányában rámutatott arra, hogy a természettudományos igényű megismerés először az ókori görög filozófusoknál merül fel, sőt a törvények matematikai megragadhatóságának gondolata is tőlük származik [6]. A görögök elméletei ugyan nem mondtak ellent a hétköznapi tapasztalataknak, de az ókorban nem beszélhetünk a kísérletezés, mint megismerési módszer használatáról. Ez a megismerési módszer csak a 17. század elején, Galilei munkásságát követően vált széles körűen elfogadottá. Ekkor, az empirizmus születésének időszakában fogalmazódott meg, hogy az ismeretek csak a tapasztalat útján nyerhetők, a természet minden elméletől mentes megfigyelésével.

Fehér Márta feltette a kérdést: „A valódi tudás megszerzése érdekében pedig a tudós feladata pusztán az, hogy elfogulatlanul, filozófiai előítéletektől mentesen figyeljen a természet szavára?”

Azonban a természet nem kezd el magától „mesélni”. A természethez kérdést kell intézni, amely a megfigyelések, a kísérletek megtervezésében nyilvánul meg. Ugyanakkor már a legegyszerűbb kérdés is előfeltevéseken alapul, bizonyos ismeretháttér alapján fogalmazódik meg. Előzetes várakozások vannak a lejátszódó jelenségekkel kapcsolatban.

Az általánosítások csak a jelenségek bizonyos tapasztalati összefüggéseinek megállapításához, matematikai leírásához elégségesek, de a lényegét nem lehet ilyen módon elérni. Például a kinetikus gázelmélet és a statisztikus fizika semmiképpen nem jöhetett volna létre a tapasztalatok általánosításából, hiszen az atomok, molekulák kicsiny méretüknél fogva nem tartoznak a tapasztalat körébe. Ráadásul a gázok egyes tulajdonságai, például térfogatuk változása a folytonos anyagképpel is magyarázható.

A természettudományos oktatás megújítására való törekvés filozófiai alapjait sokan a *Thomas S. Kuhn* [7] nevével fémjelzett konstruktivista megközelítésmódban látják. Kuhn nézeteinek alapját a tudományos fejlődés általa megkülönböztetett két típusa alkotja, a *normál* és a *forradalmi periódus*. (E tudományos folyamatoknak megfelelő, a gyermeki megismerésben jelentkező radikális gondolkodásmód átalakulásra a didaktikában a *fogalmi váltás* kifejezést használják.) A tudományos fejlődés normál szakasza gyakorlatilag kumulatívnak tekinthető. A forradalmi szakaszok ellenben olyan epizódok, amelyek rálátást nyújtanak a tudományos megismerés egy központi összetevőjére. Ide tartoznak az olyan felfedezések, amelyek nem illeszthetők be a korábban használt fogalmi keretbe.

Egy ilyen felfedezéshez meg kell változtatni azt a módot, ahogyan a természeti jelenségeket leírják, vagy ahogy erről gondolkodnak.

A forradalmi változásokat Kuhn a következőképp jellemzi: holisztikusak, vagyis nem hajthatók végre részletekben, lépésről lépésre, továbbá „megváltozik az a mód, ahogy a szavakat és kifejezéseket hozzákapszolgoljuk a természethez, ahogy meghatározzuk a referenciát”, és végül a hasonlóságok régi mintázatát el kell vetni, és azt újjal helyettesíteni.

A napjainkban oly divatos paradigma kifejezést is Kuhn vezette be. Erről a következőképpen írt: „A csillagászat, a fizika, a kémia vagy a biológia gyakorlata általában mégsem vált ki alaptételekig menő vitákat, míg például a pszichológusok vagy a szociológusok körében manapság szinte járványszerűek az ilyen viták. E különbség okát keresve jutottam el azoknak a tényezőkhöz a felismeréséhez, amelyeket azóta a tudományos kutatás *paradigmáinak* nevezek. Ezek *olyan, általánosan elismert tudományos eredményeket értek, amelyek egy bizonyos időszakban a tudományos kutatók közössége számára problémáik és problémamegoldásaik modelljeként szolgálnak.*”

Lakatos Imre szerint egy régi elmélet módszeres megcáfolása után az új elmélet nem csak új tényeket „jósol meg”, hanem *folytatása* a réginek [8]. Nem lehet egymást váltó elméletekről beszélni. Erre példák a Newton-féle mechanika, speciális relativitáselmélet, általános relativitáselmélet. Lakatos úgy gondolja, hogy ezek egymást tartalmazó elmélet sorok, amelyek kicsit hasonlatosak az orosz matrjoska babákhoz.

Lakatos Imre nem is csak elméletekről beszélt, hanem *kutatási programokról*. Ezek elméletek rendszerei és sajátos belső szerkezettel rendelkeznek. Minden kutatási programnak van egy „kemény magja”, amely nem változik, mert ha megváltozna, azzal maga a kutatási program alakulna át. Például a newtoni mozgásfelfogást kutatási programként tekintve a Newton I. II. III. és a gravitációs erőtvénye alkotja a kemény magot. A kemény mag körül épül ki a „rugalmas védőövezet”. A kutatások itt folynak, a kutatási programon belül felvetődő kérdéseket válaszoljuk meg, többek között megszüntetve a felmerülő anomáliákat. Anomáliák akkor keletkeznek, amikor a kemény mag alapján megfogalmazott előrejelzéseket nem igazolja a tapasztalat. Ilyen volt például az Uránusz bolygó helyének Newton-törvények alapján történő kiszámítása, aminek eredményei nem egyeztek meg a mérésekkel. Az Uránusszal kapcsolatos anomáliát a Neptunusz bolygó hatása okozza, így az anomália valójában nem a Newton-törvények cáfolatát, hanem éppen hogy a megerősítésüket szolgálta. A Newton-törvények alapján a Halley-üstökös visszatérését is nagyon pontosan meg lehetett jósolni. A „rugalmas védőövezet”-ben folyó kutatásoknak ezt a jellegzetességét nevezte Lakatos *heurisztikus erőnek*.

Az egymást követő kutatási programokat heurisztikus erejük szerint kell megítélni „mennyi új tényt produkált, mekkora magyarázó kapacitást teremtett a növekedése során felmerülő cáfolatokra”.

Sokak számára megdöbbenőek *Paul Feyerabend* [1] gondolatai és a posztmodern kifejezés alatt sokan az általa írt elképzeléseket értik, amely azonban hasonló leegyszerűsítés, mint azt bevezetőnkben a tanárképzéssel kapcsolatban tettük. Feyerabend fő gondolatait összefoglalva mintegy felrótta a tudománynak, hogy minden „hagyományos elméletet” kiszorított, például a gyógynövények alkalmazását, az akupunktúrát stb. Véleménye szerint „manapság a tudomány a demokrácia alapszövege, éppúgy, ahogy korábban a társadalom alapszövege az egyház volt”. Megkérdőjelezte, hogy szükséges-e az iskolában kötelezően tanulni a tudományos tárgyakat, nem lehetne-e ezek helyett mágiát vagy asztrológiát tanulni, vagy legendákat megismerni? Meglehetősen szkeptikus álláspontot képviselt a szakértői véleményekkel kapcsolatban is, mondván, sok esetben különböző eredményekre jutnak alapvető elvi és gyakorlati kérdésekben egyaránt. A szakértői vélemények problematikussá váltára Feyerabend példaként említette az atomiparral kapcsolatos biztonsági kérdések megítélését, a különböző rovarirtók, az aerosolos sprayk hatását, az oktatási módszerek eredményességét. A vélemények egyeztetése, majd az egységes álláspont kialakítása rendszerint politikai döntés eredménye, a hivatalostól eltérő vélemények képviselői pedig a legtöbbször háttérbe szorulnak. Sok esetben tekintélyelv alapján fogadnak el egy-egy véleményt. Feyerabend rámutatott arra is, hogy a tudományt nem egy esetben szakmán kívüliek és olyan tudósok vitték előre, akik a hagyományostól eltérő háttérrel rendelkeztek.

Sajnos a tudományt, különösen a magyar iskolákban, sokan úgy tanítják, mint „dogmák gyűjteményét”, nem pedig úgy, mint egy fejlődő, változó, az újdonságokra választ kereső, nyitott rendszert. Helyette a megismerés, a problémamegoldás módszertanára kellene hangsúlyt fektetni, amelyhez természetesen felhasználjuk a már tudományosan elfogadott ismereteket. Cikkünk második részében néhány egyszerű oktatási módszert mutatunk be, amelyekkel ez a hiányosság orvosolható.

Barry Barnes és *David Bloor* [1] írásaikban rendkívül eredeti példával mutatták meg *Joseph Priestley* (1733–1804) és *Antonie Laurent Lavoisier* (1743–1794) példáját felhasználva (az oxigén felfedezése), hogy azonos kísérleti tényeket miként lehet teljesen más elmélet alapján magyarázni. Felhívták a figyelmet arra, hogy *ami egy bizonyos kontextusban bizonyítékként szolgál egy adott nézet mellett, az egy másfajta kontextusból nézve esetleg egy egészen más állítás bizonyítékának minősül. A különböző elméletek alapján dolgozó tudósok egészen másként értelmezhetnek azonos tényeket, eltérő következtetéseket vonhatnak le. Minden tény előfeltevések összefüggésébe van ágyazva.*

Polányi Mihály ezt úgy fogalmazta meg, hogy a természetben lévő dolgok nem „viselnek” magukon bizonyíték feliratot. Ezek csak annyiban bizonyítékok, amennyiben a megfigyelő annak fogadja el őket [5].

Az oktatás számára ez azt jelenti, hogy egy-egy új téma feldolgozása előtt feltétlenül fontos megtudni azt, hogy a gyerekek miként vélekednek azzal kapcsolatban. Például a mozgások esetében valószínűleg az arisztotelészi gondolkodás elemeinek meglétére számíthatunk. A tanórán bemutatott, vagy a sajátmaguk által elvégzett kísérleteket ebben az elméleti keretben fogják értelmezni. A tanárra vár az a nem könnyű feladat, hogy a newtoni fizika szélesebb magyarázó erejének belátására készítse tanítványait [9].

Irodalom

1. B. Barnes, D. Bloor, R. Boyd, R. Carnap, P. K. Feyerabend, C. J. Hempel, T. S. Kuhn, K. R. Popper, V. O. Quine, H. Reichenbach, Laki János (szerk.): *Tudományfilozófia*. Osiris Kiadó, Budapest, 1998.

2. Galileo Galilei: *Matematikai érvelések és bizonyítások két új tudományág, a mechanika és a mozgások köréből*. Európa Könyvkiadó, Budapest, 1986. Fordította: Dávid Gábor.
3. Vekardi László: *Így él Galilei*. Typotex Kiadó, Budapest, 1997.
4. K. R. Popper: *A tudományos kutatás logikája*. Európa Kiadó, Budapest, 1997.
5. Polányi Mihály: *Személyes tudás, I-II*. Atlantisz Kiadó, Budapest, 1994.
6. Fehér Márta: A fizika és a filozófia kapcsolatáról. In: Csákány Antalné (szerk.): *A fizika és a társtudományok*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1977, 5–30. old.
7. Thomas S. Kuhn: *A tudományos forradalmak szerkezete*. Osiris Kiadó, Budapest, 2002.
8. Imre Lakatos: *The methodology of scientific research programmes*. (szerk.: John Worrall, Gregory Currie) Cambridge University Press, 1978.
9. Radnóti Katalin, Nahalka István (szerk.): *A fizikatanítás pedagógiája*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002.

KÍSÉRLETEZZÜNK OTTHON!

Härtlein Károly
BME Fizikai Intézet

14. Ha leöntöm hideg vízzel, felforr...

Ha a fizikaórán megkérdezzük, hány fokon forr a víz, még a bukásra álló diák is hibátlanul mondja: „A víz 100 Celsius-fokon forr.” Azt azonban, hogy a mondat végére nem pontot, hanem vesszőt kell tenni és folytatni, csak kevesen tudják. Ha bemutatjuk vagy elvégeztetjük a következő kísérletet, akkor minden diákunk tudni fogja: a víz forrásának hőmérséklete nyomásfüggő. Erre a tapasztalatra építve könnyen megtaníthatjuk a halmazállapot-változások nyomásfüggőségét.

Eszközök:

1. mikrohullámú sütő,
2. üvegedény, fémkupakkal,
3. tálca,
4. mérőkancsó,
5. edényfogó kesztyű.

Töltsük meg kétharmadáig vízzel az üvegedényt, és melegítsük forrásig mikrohullámú sütőben. Amikor már forr a víz, akkor nyissuk ki a mikro ajtaját és edényfogó kesztyűben gyorsan csavarjuk rá a kupakot. Helyezzük a tálcára az üvegedényt, és figyeljük meg, hogy egy darabig még forr a víz. Ezután óvatosan öntsünk a ku-

1. ábra. Hideg vizet öntve a meleg palackra a benne lévő víz újra forni kezd, ahogy a palackban lévő buborékok tanúsítják.



pakra egy kis vizet. Rövidesen ismét forni kezd a víz (1. ábra). Ha ismét abbamarad a forrás, csak annyi tennivalónk van, hogy megint egy kis vizet öntünk a kupakra. Tehetjük ezt körülbelül 50 °C-ig.

A jelenség magyarázata egyszerű. A lezáráskor az üvegedényben víz és fölötte túltelített vízgőz található. Ha hideg vízzel leöntjük, akkor a kupakra és az edény falára lecsapódik a vízgőz, ennek hatására az üvegben csökken a nyomás, a víz forrásba jön. Forralni addig tudjuk, amíg az edényben kisebb nyomást tudunk elérni, mint az adott hőmérsékleten a forrásponthoz tartozó gőznyomás (2. ábra). A kísérlet bemutatásakor ugratni szoktam a közönséget. A kezembe fogom az üvegedényt, majd leöntöm a hideg vízzel, és láthatják amint a kezemben forr a víz. Ezt csak parafenoménen bírhatja ki – vagy tényleg csökkent a víz forráspontja!

Ha a víz már nem forralható, akkor egy másik érdekes jelenséget mutathatunk be. Rázzuk meg a vizet és hallgassuk meg a hangját. Hasonlítsuk össze a csak egyszerűen lezárt edényben lévő víz hangjával, a kü-

2. ábra. A víz forráspontjának hőmérséklet-nyomás diagramja.

