

# TEHETSÉGGONDOZÁS A BUDAPESTI BERZSENYI DÁNIEL GIMNÁZIUM FIZIKATÁBORÁBAN

Baranyai Klára, Lendvai Dorottya, Csernovszky Zoltán,  
Izsa Éva, Csonka Dorottya, Gál Györgyné,  
Vidra Ágnes, Virág Miklós, Varga György  
Berzsenyi Dániel Gimnázium, Budapest

„A lélek is csak úgy emelkedik  
A józanság tisztább világához,  
Ha a tudományok és ismeretek  
Tárából gazdag zsákmányt gyűjt magának.”  
*Berzsenyi Dániel*

## A tehetséggondozás egy lehetséges formája

Negyven-ötven évvel ezelőtt fizikából leginkább feladatmegoldással fejlesztették a tehetséges gyerekeket. Értékes hagyományokkal rendelkezünk ezen a téren: a feladatmegoldó versenyek (Öveges-, Jedlik-, Mikola-verseny, OKTV, Nemzetközi Diákolimpia stb.), az ezekre felkészítő iskolai és országos szakkörök vagy a *KöMaL*, mind a megtanult ismeretek matematikai modellekben való furfangos felhasználására építenek. A jelenleg pályán lévő fizikatanárok többsége is ezen nevelkedett, ezt szerette meg, és sokáig értetlenül állt a diákok zömének érdektelensége előtt. Még a legtehetségesebb gyerekeket is nehéz rávenni a kitarító gyakorlásra, önálló feladatmegoldásra.

A cikk szerzői az elmúlt tíz év folyamán mind a Berzsenyi Dániel Gimnáziumban tanítanak vagy tanítottak fizikát. A munkaközösség tagjai matematika–fizika szakos tanárok, az Eötvös Loránd Tudományegyetemen szerezték diplomájukat, és mindkét tárgyat tanítják. *Izsa Éva* és *Borbélyné Vidra Ágnes* informatika kiegészítő szakot is végeztek, ők informatikát is tanítanak. *Baranyai Klára* és *Csernovszky Zoltán* PhD-fokozatot szerzett az ELTE Fizika Tanítása Doktori Iskolájában, *Lendvai Dorottya* ugyanitt fokozatszerzés előtt áll.

Az elmúlt években néhányan munkahelyet váltottak: *Izsa Éva* a Fasori Evangélikus Gimnáziumban, *Varga György* az ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnáziumban, *Csonka Dorottya* átmenetileg Brüsszelben, az I. számú Brüsszeli Európai Iskolában tanít.

Az új pedagógiai irányzatok a korábbi kompetitív szemlélet helyett a kooperatív, projektalapú munkaformákat részesítik előnyben. Ez a szemlélet is megteremtette a maga versenyeit és programjait (KutDiák események, természettudományos csapatversenyek és pályázatok, IYPT, ICYS, BME TTK Science Camp...). A gyerekek szívesen választják a közösségi munkaformákat, ám a tehetséges gyerekek közül is csak kevés diákot tudunk a – komoly felkészülést igénylő, valamint előzetes szelektálással járó – versenyek és programok szintjéig eljuttatni. Első alkalommal 2011-ben ezért szerveztük meg a Berzsenyi Dániel Gimnázium fizika-önképzőkörét és -táborát (*1. ábra*), ami azóta hagyománnyá vált, minden évben sor kerül rá. Ezt a szakmai és sokrétűen emberi fejlődést is elősegítő programlehetőséget szeretnénk a tanárkollégák figyelmébe ajánlani.

## Az iskola és az önképzőkör

Az iskolánkban négyosztályos fizikatagozat, valamint hatosztályos speciális matematikatagozat működik. Van négyosztályos biológia–kémia, nyelvi és humán tagozatos képzésünk is. A fizikából tehetséges gyerekek zömében fizika- és matematikatagozatosok, de más osztályokban is vannak érdeklődő gyerekek.

A fizika önképzőköri program az első félév folyamán a gyerekek kiválasztásával indul. A 13–17 éves tanulókat – addigi teljesítményük alapján – szaktanáraik hívják meg a közös munkára. Egy-egy osztályból 4-8 diák, összesen 40-50 tanuló kerül a meghívottak közé. A kiválasztott diákok – tanári támogatás mellett – 3-6 fős csoportokban valamilyen izgalmas témán dolgoznak. Egy csoport általában egy osztályból kerül ki, de előfordul olyan projekt is, ahol a kisebbek és nagyobbak együtt dolgoznak.

A tanév vége felé négynapos tábort szervezünk, ahol a csoportok bemutatják egymás-



nak a projekteiket, emellett közös mérések, csoportos és egyéni feladatmegoldás, meghívott előadók, gyakorlatúra színesítik a programot. A tábor tanítási időben szervezzük, általában szerda délután indulunk és szombat délután érkezünk haza, így két napot hiányzunk az iskolából.

A program előnye, hogy a projektmunkáknak természetes befejezést, célt ad a tábori bemutatkozás. Kifejezetten barátságos légkörben, versenyhelyzet nélkül, mégis inspiráló környezetben mutathatják be a gyerekek a munkájukat. A fizikátábor szempontjából pedig nyereség, hogy a táborozó gyerekek maguk is a program alakítói, nem azt érzik, hogy a felnőttek készítik el számukra a tábort, hanem tudják, rajtuk is múlik, hogy milyen élményekkel térnek majd haza onnan.



1. ábra. Életképek a táborból: spektroszkópiai vizsgálatok.

## A projektekről

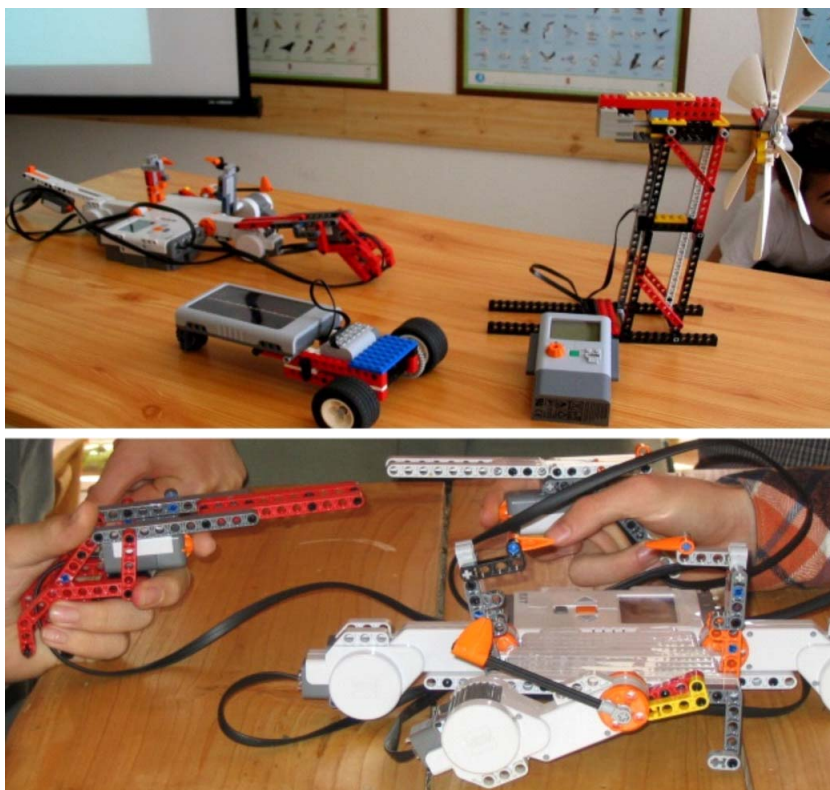
A projekteknek nincsen előre kötött formája. Lehet ez egy adott témában kísérletezés, mérés, sokszor kísérleti eszköz építése, számítógépes szimuláció vagy mérőprogram elkészítése, használata, illetve egy szűkebb témakör elméleti tanulmányozása. A táborban megtartott diákelőadások időtartama körülbelül 30 perc. Az előadások után a gyerekek kérdezhetnek egymástól, a szünetekben megnézhetik, kipróbálhatják az eszközöket.

Az elmúlt kilenc év 86 projektmunkáját lehetetlenség felsorolni. Az iskola honlapján elérhető a tábori programok. Az egyes projektek anyagait igyekszünk feltölteni a tábori feladatsorokkal együtt. Ezek bárki által bátran és szabadon felhasználhatók [1]. Megemlítünk néhány olyan témát, amelyek tanulságairól a *Fizikai Szemle* hasábjain is beszámoltunk: környezeti jelenségek modellezése [2], vízen lebegő rézlemez [3], pendulumhullám [4]. Tanulmányoztunk organikus napelemeket [5], építettünk üstökösöt, mértünk NXT-robotokkal (2. ábra), foglalkoztunk optikai rácsok fázisvektorokkal történő leírásával, a diákok Rubens-csővet, Héron-eszközöket készítettek, fegyvereket és járműveket vizsgáltak, és még hosszasan sorolhatnánk.

A tanulók a szaktanárral együtt találják ki a témát. Akár egy idegen nyelvű cikk [6], versenyfeladat, inter-

netes videó, vagy egyéb érdekesség ihletése nyomán. Néha azonnal „ránk talál a téma”, máskor csak hosszas kutakodások eredményeként. Azután a projekt nehézségétől, bonyolultságától és életkori sajátosságoktól függően megfelelő mértékű tanári segítséggel munkálkodnak a gyerekek a tábort megelőző hónapokban. A diákoknak mindenképpen nagy szüksége van a szaktanári támogatásra, hiszen ezek a témák általában túlmutatnak az alapórán tanultakon, azonban a segítségadás

2. ábra. Projektmunka: NXT-robotok.





3. ábra. Csapatverseny: feladatmegoldás.

formája, módszere, mértéke eltér az egyes esetekben. A megfelelő – kihívásokkal teli, de nem lehetetlenül nehéz – téma megtalálása, a részfeladatok kiosztása és koordinálása, az elméleti és gyakorlati háttértudás elsajátítása, az időbeosztás, az „előadói magatartás” gyakorlása, a prezentáció elkészítésének igényessége mind-mind odafigyelést igényel.

A felkészülés többségében a tanórákon kívül történik. A heti óraszám teljesen fakultatív és a tanév során változik is, de fontos a rendszeres, folyamatos konzultáció. A ráfordított idő az órarendek, a téma nehézsége, a gyerekek ügyessége, korábbi projekt tapasztalatai, életkora szerint eltérhet; a folyamat során szükségszerűen kialakul. A tanári segítség éppen abban rejlik, hogy segít a munkafolyamatok reális, egyenletes felosztásában, figyelembe veszi az iskolai egyéb elfoglaltságokat (versenyre készülés, sok dolgozat az adott héten, szünetek stb.).

A foglalkozások jó esetben (ha a tantárgyfelosztás erre biztosít órakeretet, és ezt a fenntartó is jóváhagyja) szakkör keretén belül zajlanak. Ha erre nem kapunk szakköri órát (és egyre nagyobb az ilyen irányú nyomás), akkor a szabadidőnket áldozzuk e célra.

Ha a projekt sikeres, nemcsak a gyerekeket tölti el örömmel, hanem a tanárok is sokat tanulnak. Külön-

4. ábra. Tanulói mérések: granulált anyagok rézsűszögének mérése (balra) hidrosztatikai feketedoboz (jobbira).



leges és lelkesítő helyzet, amikor a tanár és a diák együtt tanul meg valami új dolgot. Ez a típusú műhelymunka szakmailag kölcsönösen motiváló, viszont rendkívül sok energiát igénylő vállalkozás.

A tábor végén közös értékelést tartunk, de a csoportokon belül az előzetes munkát és a végső bemutatót is érdemes komolyabban értékelni (utóbbit akár videofelvételen rögzíteni és utólag megnézni, kielemezni). Másrészt a kollégák között is érdemes a tanulságokat megbeszélni, nemcsak egymás projekt munkáira, hanem a tábor további programjaira kiterjedően is.

## A tábor programja

### Feladatmegoldó csapatverseny

A táborba általában szerdán, az 5. óra után indulunk. A szálláshely elfoglalása után a programot feladatmegoldó csapatversennyel indítjuk (3. ábra). A 7-8 fős csapatok minden korosztályt felölelnek, a feladatok kitűzésénél ezt is figyelembe vesszük. A másfél-két órára szánt feladatsor kellően hosszú ahhoz, hogy egy csapat csak akkor érhesse el jó eredményt, ha annak valamennyi tagja jól dolgozik. Vannak teszt- és számítási feladatok a kicsiknek és a nagyoknak, de vannak olyan feladatok is, amelyek a függvénytáblában fellelhető rengeteg információ felhasználására épülnek. A korábbi évek feladatsorai a munkaközösség honlapján megtalálhatók, szabadon felhasználhatók.

### Túrórudi-feladatok

Minden táborban közzétesszük a „túrórudi-feladatokat”, amelyeket egyéni gondolkodásra szánunk. Ezek furfangosabb, különböző korosztálynak szánt feladatok. A megoldáson a tábor teljes ideje alatt lehet töprengeni. A helyes megoldásért, amelyet bármelyik kollégának el lehet mondani, normál vagy óriás mé-

retű túrórudi jár. A jutalmazásnál az életkort, a feladat nehézségét és a megoldás szépségét is figyelembe vesszük. A tábor legelső estéjén mi, tanárok is megoldjuk a feladatokat. Sokszor nagyon tanulságos a megbeszélés. Érdemes megemlíteni, hogy a feladatsor összeállítása hosszabb gyűjtőmunka eredménye. Olyan feladatokat kell találnunk, amelyek kihívást jelentenek ugyan, de megoldására van remény, elég nehéz, de nem túl nehéz és élvezetet jelent, ezek sokszor az órán elhangzottak folytatása. Intuíciót méríthetünk különböző internetes és nyomtatott forrásokból, amelyek közül néhányat megemlítünk az irodalomjegyzékben [7–9]. Néha a tábor közben egy-egy ötlet nyomán



5. ábra. Gyenes Gábor fizikatörténeti előadása.

újabb túrórudi-feladat születik, akár diákok is találhatnak ki kérdéseket. A tábor hangulata elég inspiráló ahhoz, hogy a diákokat ne hagyja nyugodni egy-egy érdekesebb, megoldatlan probléma. A tábor végén a gyerekekkel közösen is megbeszéljük a megoldásokat. A túrórudi-feladatsorok is megtalálhatók a honlapunkon.

### Projektbemutatók

A második-harmadik napon (csütörtök–péntek) hallgatjuk meg a csoportok előadásait, körülbelül 9-12 előadást.

### Tanulói mérések

Az egyik délután korosztályonként tanulói méréseket szervezünk, amelyeket általában a tanárok vezetnek. Ízelítőül néhány téma: mértük már granulált anyagok rézsűszögét (4. ábra, balra), izzószál hőmérsékletét és sugárzási teljesítményét. Meghatároztuk földrajzi helyzetünket a Nap segítségével [10], dolgoztunk hidrosztatikai feketedobozzal (4. ábra, jobbra), volt arduinós, napelemes mérésünk is. Készítettünk karcolt hologramot, foglalkoztunk tojások teherbírásával. A mérésekhez különböző forrásokból merítünk ötleteket: a *KöMaL* mérési versenyéből [7], az IYPT projektjeiből [11], különböző internetes és nyomtatott cikkekből.

### Esti előadások

A tábori estére többségében külső előadókat hívunk meg. Ők fizikatörténeti vagy modern fizikához kapcsolódó témákról mesélnek, furfangos feladatokat ismertetnek, kísérleteznek. Ha az időjárás engedi, csillagnéző estét is tartunk. A korábbi években előadóink voltak: *Gyenes Gábor*, iskolánk nyugdíjas tanára, aki minden évben fizikatörténeti érdekességgel készül. Külső előadóink voltak *Balázs Boldizsár* a kollektív viselkedésekről, *Gnädig Péter* részecskefizikáról, *Hornyek Gyula* furfangos kísérletekről és feladatokról, *Horváth Ákos* a proton belsejéről, *Jendrek Miklós* érdekes kísérletekről, *Kerényi Lilla* és *Nyerges Gyula* a csillagokról, *Piláth Károly* különleges kísérletekről, *Várkonyi Péter* „nemcsak a gömböcről” tartott elő-

adást. Ezen esti programok népszerűségét mutatja, hogy az előadások után a gyerekek még hosszasan beszélgetnek az előadókkal (5. ábra).

### Kirándulás

A sűrű szakmai programba pihenésképpen egy félnapos kirándulást szoktunk beiktatni valamelyik délelőtt vagy délután. Ezt a tábori helyszínnek és az időjárás eddig lehetővé tették számunkra.

### Kreatív vetélkedő

Szombat délelőtti hagyománnyá vált a csoportos kreatív vetélkedő. Visszajáró öregdiákjaink – mára már egyetemisták – állítják össze a kreatív vetélkedő feladatait: volt, hogy lufiból, celluluszsal, pálcikákkal jól terhelhető, stabil hajót (6. ábra) kellett építeni, vagy minél hosszabb golyópályát kellett érdekes akadályokkal létrehozni [12], nagy teherbírású papírhidat hajtogatni, messzire vivő hajtógépet építeni stb. A gyerekek általában nagy örömmel, igyekezettel, az alkotás lázában égve valósítják meg az ötleteiket.

6. ábra. Kreatív vetélkedő: nagy teherbírású hajó építése.





7. ábra. „Öregdiákok” és tanárok közös munkában.

## Táborzárás

A tábor zárásaképp megbeszéljük az első napi csapatverseny és a túrórudi-feladatok megoldását, valamint még a friss élmények közepette röviden, közösen is értékeljük az egyes projekt munkákat, majd a végső pakolás után hazaindulunk.

## Személyi és anyagi lehetőségek

A Berzsényi Gimnázium szerencsés, mert az 52 fős tantestületben 12 olyan kolléga van, aki fizikaszakos, és közülük heten tanítanak is fizikát. A fizika-munkaközösség mind a hét tagja részt vesz az önképzőkori előkészületekben és magában a táborban is. Azonban az iskolai hiányzások csökkentése érdekében van, aki csak egy-egy napra, délutánra vagy estére tud eljönni a táborba. Előfordul, hogy más reálszakos kolléga is eljön előadást tartani, vagy csupán kíváncsiságból. A természettudományos tantárgyak összefonódására is jó terep lehet ez. A biológia-kémia tagozatos táborozók gyakran készülnek „határterületi” témákból: elektrokémia, ozmózis, különleges folyadékok stb.

Nagy segítséget jelentenek a kreatív vetélkedőknél emlegetett öregdiájkjaink, akik a korábbi berzsényis éveik során több fizikatáborban is részt vettek, így mostanában már az egyes programok megszervezésében, lebonyolításában segédkeznek (7. ábra). Többen közülük előadást is vállalnak a táborban.

A helyszín legtöbbször egy előadótermekkel/tantermekkel felszerelt erdei iskola, ahol egy nagyobb

8. ábra. Házi készítésű Rubens-cső.



(60 fős) közösségi helyszín és legalább 3-4 kisebb (csoportfoglalkozásokra alkalmas) helyiség található. Erre a célra kiválóak voltak a nemzeti parkok erdei iskolái: jól felszereltek, tiszták, barátságosak és többnyire az erdő közepén vannak. (A nemzeti parkok átszervezése után is nyitott maradt ez a lehetőség, de nem tudjuk, meddig.) Ezekben a helyeken általában nemigen van térerő, de a szükséges internet-hozzáférés megoldható. Kedvencünk a királyréti Hiúz Ház.

Az önképzőkör és a tábor költségei sokszor befollyásolhatják egy-egy projekt, vagy akár a csoportos mérések, egyéb tábori bemutatók és játékos feladatok minőségi kivitelezését és lehetőségeit, valamint a táborhelyszín színvonalát. Ezen anyagi forrásokhoz több éven keresztül részben pályázatok útján sikerült hozzájutnunk. A fennmaradó részt egyéb iskolai, szülői keretből tudtuk finanszírozni. Ez minden évben sok előzetes munkát és a pályázatok esetén stabil idegrendszert(!) kíván a munkaközösség tagjaitól. A pályázati pénzből az évek során kisebb eszközöket is tudtunk vásárolni. A gyerekek által épített kísérleti eszközök elkészítéséhez, amit lehet, a meglévő, évről-évre kisebb-nagyobb mértékben bővülő fizikaszertárunkból is felhasználunk, de a diákok sokszor az otthonról hozott alapanyagokból is elképesztő dolgokat képesek építeni: Rubens-csővet (8. ábra), Héron-szökőkutat, Stirling-motort, szélcsatornát vagy éppen egy ember nagyságú camera obscurát.

A bemutatókhoz, mérésekhez szükséges eszközöket a tábor helyszínére valamelyik tanár szállítja. Ez nem kis feladat, szinte a teljes fizikaszertár kiürül, amivel egy mikrobuzst meg tudunk tölteni.

## Összefoglalás, a program hosszú távú pozitív tapasztalatai a tehetséggondozásban

A tábor hagyománnyá vált, bekerült az iskola pedagógiai programjába is. A hatalmas munka ellenére tanárként és diákként is mindig jó szívvel emlékezünk vissza a közös munkára és magára a táborra. Mi sem mutatja ezt jobban, mint hogy a diákok évről-évre küzdenek a programba való bekerülésért, és mi évről-évre vezetjük a projekteket, megszervezzük a tábor (9. ábra).

A tehetséggondozás ezen formája, a műhelymunka hangulata, úgy tűnik, nagyon vonzó a diákok számára. Fontos, hogy nem magányosan, időkorlátok közé szorítva kell küzdeniük a feladatokkal, hanem az közösségi élményt is jelent a gyerekeknek. Az önképzőkori munkához sokszor olyan diákok is csatlakoznak, akik nem kaptak meghívást a táborba, de szívesen vesznek részt a közös alkotómunkában. Egy jó csapatban mindenki máshoz ért igazán, néha több dologhoz is, miközben maga is fejlődik. Ki az elméletet kutatja, más barkácsolni szeret, van, aki a prezentációkészítés nagymestere. Némely diák a feladatmegoldásban, számításokban ügyes, avagy épp a nyelvérzékét hasznosítja cikkeket vagy az internetet bújva. Egy-egy eszköz vagy számítógépes bemutató igényes elkészítése egyáltalán nem könnyű feladat, főleg a kicsiknek. Jó látni,

hogy a fiatalok évről-évre mennyit fejlődnek. A sok új téma és eszköz a táborozók számára kész „felfedező-túra”, amire az iskolai órákon kevésbé vagy egyáltalán nem jutna idő. A fizikai tartalmak mellett matematikai és informatikai készségeket, valamint például kísérletezést is tanulnak. Az utóbbi sokaknak egyáltalán nem könnyű műfaj.

A gyerekek a tantárgyakhoz köthető ismereteken túl együttműködést, időbeosztást, szertárismeretet és rendet, precizitást, igényességet, a csoportmunkához elengedhetetlen egymáshoz való alkalmazkodást, toleranciát, egymás tanítása által segítő-készséget, önálló kutatómunkát, kezűgyességet, a barkácsolás mindenféle formáját, kreativitást, problémamegoldást is tanulnak.

A jó témák még sokáig foglalkoztatják őket, sokszor minket is. Előfordul, hogy a későbbiek során még hozzáteszünk ezt-azt egy projekthez. Egyes munkák végül akár más környezetben (évfolyam-bemutató keretében, külföldi, illetve magyar konferenciákon, cikkekben, versenyeken) is hasznosulnak [2–5, 13].

A 2020. évi, 10. tábor – a koronavírus-járvány miatt – nem tudtuk lebonyolítani, de optimistán folytatjuk a projekteket a következő, 2021-es tábor reményében.

Határozottan úgy érezzük, az önképzőkör és a tábor bevált. Bátran ajánljuk mindenkinek a kipróbálását, egy hasonló, saját arculatra formált program megvalósítását. Nem állítjuk, hogy könnyű vagy egyszerű, de mégis megéri! Mind a munkaközösség, mind a diákközösség számára összekovácsoló, tanulságos, ösztönző!



9. ábra. Életkép a kirándulásról.

#### Irodalom:

1. <http://fizika.berzsenyi.hu/fizika-tabor>
2. Baranyai Klára: Olvadó jéghegyek, melegedő tengerek. *Fizikai Szemle* 63/7–8 (2013) 267–269.
3. Baranyai Klára: Vízen lebegő rézlemez. *Fizikai Szemle* 65/4 (2015) 131–134.
4. Lendvai Dorottya, Czövek Márton, Forrás Bence: Pendulumhulám, avagy szerelem első látásra. *Fizikai Szemle* 65/5 (2015) 171–177.
5. Csernovszky Zoltán: Organic solar cells and physics education. *European Journal of Physics IOP*, ©2018 European Physical Society
6. <http://www.nsta.org/publications/quantum.aspx>
7. <https://www.komal.hu/lap/archivum.h.shtml>
8. Gnädig Péter, Honyek Gyula, Vigh Máté: *333+ Furfangos feladat fizikából*. Typotex Kiadó, 2017, ISBN 978 963 279 903 2, <http://docplayer.hu/42650720-Gnädig-peter-honyek-gyula-vigh-mate-333-furfangos-feladat-fizikabol.html>
9. <http://fizikaverseny.lapunk.hu/?modul=oldal&tartalom=1040029>
10. Baranyai Klára: Földrajzi helymeghatározás a Nap segítségével. *Fizikai Szemle* 59/4 (2009) 147–150.
11. <http://hypt.elte.hu/>
12. [https://drive.google.com/file/d/0B2\\_N7efQBye-S1VRcmp4NHfYRE0/view](https://drive.google.com/file/d/0B2_N7efQBye-S1VRcmp4NHfYRE0/view)
13. <http://parrise.elte.hu/tpi-15/slides.php>

## HÍREK – ESEMÉNYEK

### TAKÁCS LÁSZLÓ (1950–2019)

Az MTA Központi Fizikai Kutatóintézet (KFKI) egykori tudományos munkatársa és a University of Maryland Baltimore County (UMBC, Baltimore, MD, USA) tanára, *Takács László* fizikus 2019. november 13-án, 69 éves korában elhunyt.

Takács László 1950. április 30-án született Szombathelyen. Középiskolai tanulmányait a soproni Széchenyi István Gimnáziumban végezte, ahol magába szívta a matematika és fizika szeretetét. Mindkét tárgyból dobogós helyezést ért el az 1968-as OKTV-n, majd a magyar csapat tagjaként második helyezett lett a Nemzetközi Fizikai Diákolimpián. Nevét többször megtaláljuk a *KöMaL* legsikeresebb megoldói között.

Érettségi után az Eötvös Egyetem fizikus szakára iratkozott be, ahol 1974-ben diplomázott. Életrajza szerint „nagyszerű tanároktól tanultam, elméleti fizikát Marx Györgytől, szilárdtest-fizikát Nagy Elemértől”. Diplomamunkájában vas-alapú ötvözeteket vizsgált Mössbauer-spektroszkópiával a Központi Fizikai Kutatóintézetben. A diploma megszerzése után itt kezdte meg doktori tanulmányait, amelynek során fémüvegek atomi szerkezetével, elektronsáv-szerkezetével és mágneses tulajdonságaival foglalkozott. Egyetemi doktori fokozatát 1978-ban szerezte meg, majd a KFKI-ban maradván továbbra is főleg fémüvegek vizsgálatával foglalkozott.