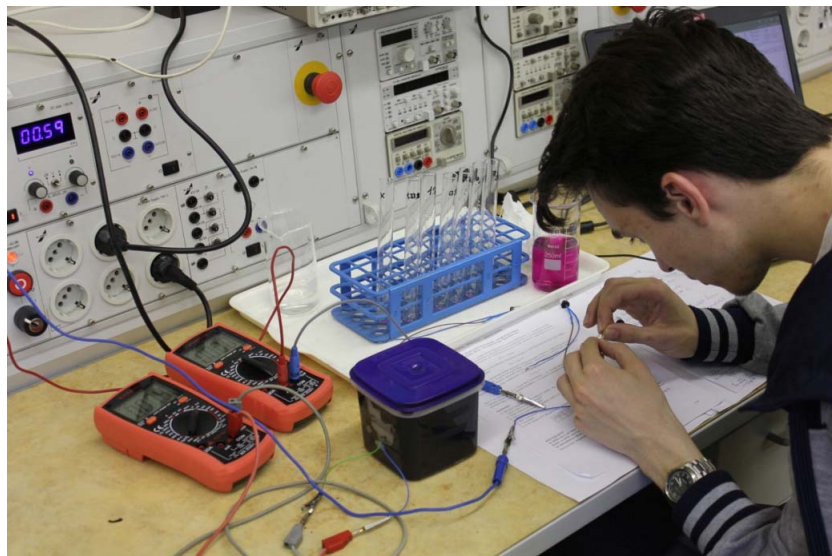


Az előző két részben bemutattuk a 22. Országos Szilárd Leó Fizikaverseny elődöntőjében, illetve a döntőben feladott elméleti feladatokat és megoldásukat. A mostani, befejező részben a döntő kísérleti és számítógépes szimulációs feladatát, valamint a verseny eredményét ismertetjük. A kísérleti és a számítógépes feladat mindegyikére másfél óra állt rendelkezésre. A kísérleti feladat végrehajtásához szükséges eszközöket az Energetikai Szakgimnázium készítette *Tarján Péter*, *Papp Gergely* és *Ujvári Sándor* tanár urak útmutatásai alapján, és mind a kísérleti mind a számítógépes feladatot az Energetikai Szakgimnázium termében hajtották végre a diákok.



1. ábra. Egy versenyző a kísérleti feladatot végzi a 22. Országos Szilárd Leó Fizikaverseny döntőjében.

Kísérleti feladat

A kísérleti feladat során ismeretlen töménységű kálium-permanganát oldat koncentrációját kellett meghatározni áthaladó fény elnyelésének mérésével.

A feladat motivációja az, hogy a jelenlegi sugárvédelmi szabályozások miatt nehéz radioaktív izotópokkal végzett kísérletet az osztályterembe – és így a versenyre is – vinni, emiatt olyan kísérletet kerestünk, amely legalább elveiben és módszertanában hasonló valamilyen radioaktív jelenség méréséhez.

A mérés gamma-sugarak elnyelődésének mérését „modellezi”, felhasználva a folyadékban elnyelődő fényt és a közegben elnyelődő gamma-sugárzást leíró törvények közötti hasonlóságot.

Az oldatban elnyelődő fény viselkedését a Beer–Lambert-törvény írja le:

$$I(x) = I_0 e^{-\varepsilon c x},$$

ahol $I(x)$ az átengedett, I_0 a beeső fény intenzitása, ε az elnyelő közeg moláris elnyelési együtthatója, x a

fényút hosszúsága az elnyelő közegben, és c a moláris koncentráció.

A versenyzők hét különálló üvegben kaptak kálium-permanganát oldatot. Ezek közül hat koncentrációja ismert, a hetediké ismeretlen volt.

Az oldatokat párhuzamos oldalfalú, átlátszó edénybe tölthették (küvetta), amelyet különböző színű (piros, sárga, zöld, kék) LED fényforrásokkal világíthattak meg. A küvetta áthaladó fény intenzitását napelemhez kötött multiméter segítségével regisztrálták. A kísérleti elrendezést belülről feketére festett, lezárható doboz védte a külső fények zavaró hatásától.

Először üres, majd tiszta vízzel töltött küvetta fényelnyelését kellett mérni a különböző színű LED-ek esetén (háttér meghatározása). A mérés optimális színű LED-jét a legnagyobb (ismert) koncentrációjú oldat elnyelésének mérésével lehetett meghatározni. A versenyzők többsége rájött, hogy az az optimális szín, amelyik a leginkább elnyelődött, hiszen ennél várható a legnagyobb jel, és a legnagyobb érzékenység.

Ezt követően az ismert koncentrációjú oldatok segítségével kísérletileg „igazolták” a Beer–Lambert-törvényt, azaz megállapították, hogy a $\ln(I/I_0)$ -at a c koncentráció függvényében ábrázolva egyenest kaptunk. A mérési hibák miatt természetesen szórtak a pontok, ezért a jobbak valamilyen programmal egyenest illesztettek a mérési pontokra, de voltak, akik csak „szemre”, vonalzóval húzták be az egyenest.

Ezt követően már csak az ismeretlen mérése volt hátra, és a mért értékből az előző mérési sorozatban felvett „kalibráció” segítségével az ismeretlen koncentráció meghatározása.



Sükösd Csaba (1947) a BME címzetes egyetemi tanára, az ELFT elnökségi tagja. Kísérleti magfizikus, aki kísérleti munkáját nagyrészt külföldi kutatóintézetekben végezte. Kutatási területe a magreakciók, óriásrezonanciák és némely asztrofizikailag releváns magreakció vizsgálata radioaktív ionnyalábokkal. Marx György tanítványaként részt vett a 70-es évek MTA oktatási kísérletében. Azóta is szoros kapcsolata van a fizikatanárok közösségével, több tanár- és oktatóval kapcsolatos program vezetője.

Értékelés

A mérési feladatot a zsűri előzetesen könnyűnek tartotta, és ez be is igazolódott – legalábbis az I. kategóriás versenyzők esetében. A maximálisan elérhető 25 pontból az I. kategóriás versenyzők több mint a fele 20 pontnál többet ért el. Két 25 és két 24 pontos megoldás is született. Ugyanakkor a II. kategóriás (Junior) versenyzők számára a mérési feladat nagyobb gondot jelentett: a tíz junior versenyző közül mindössze egy fő ért el 25 pontot, és egy másik 20 pontot. A többiek 20 pont alatti eredményeket tudtak csak felmutatni.

Az Országos Szilárd Leó Fizikaversenyeken általános tapasztalat, hogy a tanulók kísérletekhez való hozzáállása és készsége jóval elmarad az elméleti feladatmegoldásokétól. Lassú javulás ugyan megfigyelhető azóta, hogy az emelt szintű érettségien bevezették a kísérleti fordulót (és ezért feltehetően az iskolában is többet kísérleteznek legalább azok, akik emelt szintre készülnek), ám mind a manuális készség, mind az adatok kiértékelése és értelmezése, valamint a mért adatok és eljárások bemutatása (jegyzőkönyv készítése) terén további jelentős javulásra lenne szükség. Ez a megállapítás jelzés a felkészítő tanárkollégák számára, hogy mely területeket kellene erősíteni.

Számítógépes, szimulációs feladat

A számítógépes szimulációs feladatot – mint a korábbi években is – *Papp Gergely* és *Sükösd Csaba* közösen készítették. A számítógépes feladatot az Energetikai Szakgimnázium termeiben hajtották végre a diákok másfél óra alatt.

A szimulációs feladat során egy önálló, időjárását és villamosenergia-fogyasztását tekintve Magyarországhoz hasonló, de képzeletbeli „szigetország” rendszerét kellett szimulációval vizsgálni. A szigetországot azt jelentette, hogy az ország nem exportálhatott és nem importálhatott villamos energiát. A feladat tehát egy olyan rendszer összeállítása volt, ami mindig *pontosan annyi* energiát állít elő, amennyire szükség van, miközben ezt a lehető legolcsóbban, és a lehető legkevesebb szén-dioxid kibocsátásával teszi meg.

A versenyzőktől azt vártuk, hogy „próbálkozás” helyett valamilyen gondolatmenet alapján állítsák össze a rendszert, majd annak tesztelésekor szerzett tapasztalatok birtokában továbboptimalizáljanak.

A villamosenergia-igény egy nap folyamán változik, és a várható igény attól is függ, hogy hétköznap vagy hétvége van, illetve milyen évszakban járunk. Az egyszerűség kedvéért a program csak hétköznapokat szimulál, téli és nyári körülmények között. Az aktuális villamosenergia-igény adatokat, valamint néhány időjárás adatot – napsütés, szél – *ténylegesen mért* magyarországi adatokból vettük.

A rendszer összeállításához 7 fajta energiatermelő egységből választhattak a versenyzők: szén-, gáz-, atom-, szél-, nap-, víz- és tározós erőmű. Az erőműtípusok jellemzőit az *1. táblázatban* – amely a világhálón található tanulmányokból kigyűjtött adatokat (rugalmasság, költségadatok, CO₂-adatok) tartalmaz – foglaltuk össze.

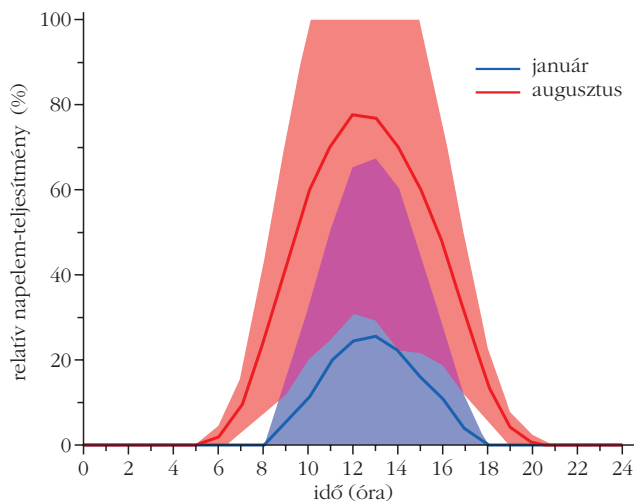
A szél- és naperőművekben termelt áramot az időjárás, napszak és évszak befolyásolja, erre nincs hatáskorunk. Továbbá, a zöldáram-támogatás miatt az ezen egységekben termelt áramot mindig kötelesek vagyunk átvenni!

A *naperőművekben* termelt áram várható eloszlását mutatja a *2. ábra* (átlag és a 95%-os konfidencia-intervallum). Az ábráról látszik, hogy télen az idő 62%-ában, nyáron pedig az idő 42%-ában, azaz éjszaka egyáltalán nem termelnek a fotovoltaiikus naperőművek.

A *szélerőművek* teljesítménye a véletlenszerűen változó szélesebesség nem monoton függvénye. Amikor a szélesebesség túl nagy (vihar) vagy túl kicsi (például szélcsend), a szélerőmű nem tud termelni. Ezért a szimulációban használt szélerőművek az idő 31,6%-ában egyáltalán nem termelnek, az idő 16,7%-ában 100% teljesítménnyel üzemelnek, a maradék

típus	N_{\max} (db)	P_{\max} (GW)	P_{\min} (GW)	flex (GW/óra)	fix költség (M\$/GWd)	vált. költség (M\$/GWd)	CO ₂ (t/GWh)
szén	10	0,6	0,3	0,3	0,6	1,2	900
gáz	10	0,5	0	0,5	0,3	2,2	500
atom	4	1	1	0	1,6	0,25	10
szél	15	0,3	–	–	1	–	10
nap	20	0,2	–	–	0,6	–	40
víz	3	0,6	0,2	0,6	1,3	–	20
tározós	4	0,5	–0,5	1	1,3	–	20

- N_{\max} a maximálisan építhető darabszám.
- P_{\max} az 1 db egység maximális (beépített) teljesítménye.
- P_{\min} az 1 db egység minimális teljesítménye (ami alatt nem üzemelhet).
- *Flexibilitás* az 1 db egység „rugalmassága”, azaz egy egység 1 óra alatt ennyi GW-tal tudja változtatni (fölfelé vagy lefelé) a teljesítményét.
- *Fix költség* megadja, hogy naponta hány M\$-ba kerül az adott erőműből 1 GW beépített teljesítmény üzemben tartása: befektetési költség, fenntartás és karbantartás.
- *Változó költség* megadja, hogy mennyibe kerül 1 GWnap (azaz 24 GWh) áram előállítására, ezek az üzemanyagköltség és egyéb, termelésfüggő költségek. Az összköltség a két költségtényező összege.
- CO₂ pedig megadja, hogy hány tonna CO₂ kerül kibocsátásra minden megtermelt GWh elektromos energia után.
- Ha egynél több egység kerül beépítésre, úgy ezek a változók a darabszámmal szorozódnak.



2. ábra. A naperőművek teljesítményének napi eloszlása a nyári és a téli időszakban.

51,7%-ban pedig a két véglet közötti teljesítményt adják le. Teljesítményük óráról órára véletlenszerűen változhat.

A versenyzők rendelkezésére állt még a *szivattyús tározós erőmű*, ami segíthet a teljesítményingadozások kiegyenlítésében. Egy tározó tárolási kapacitása 6 GWh. A tározót a szimuláció elején 50% töltöttséggel kapjuk meg, és a nap végére ideálisan 20–80% közötti töltöttségi szintre kellene visszavinni, hogy a következő nap is fenntartható legyen. A tározó hatásfoka $\eta = 90\%$ (feltöltéskor és áramtermeléskor is).

Egyes energiatermelő egységek „rugalmasak”, teljesítményüket az igényeknek megfelelően, automatikusan is képesek változtatni. Prioritásokkal tudjuk megadni, hogy a rendszer először melyik energiatermelő egységet szólítsa fel változtatásra. Különböző prioritási sorrendet adhatunk meg teljesítményhiány, valamint teljesítménytöbblet esetén. Ha például azt szeretnénk, hogy szén helyett inkább vízerőmű termeljen, akkor teljesítményhiánynál a vizet, míg teljesítménytöbbletnél a szénat tegyük felülre. De az automatikus teljesítményigazítás ki is kapcsolható, áttérhetünk „kézi” üzemmódra is (külön-külön mindegyik típusnál).

A program tartalmaz egy adatbázist is: egyrészt a MAVIR nyilvános oldaláról vett, hazai rendszerterhelési/fogyasztási adatokat (egy hónapon keresztül óránként), valamint az OMSZ óránkénti napsütésadatait egy 2007. augusztusi (nyári) és egy januári (téli) hónapra.

A programban választhatunk nyári vagy téli szimuláció között; ekkor a program minden futáskor véletlenszerűen választ ki egy napot az augusztusi vagy a januári napok közül. Ezzel nem csak egyetlen nap egyetlen rendszerterhelésére és időjárására tudunk optimalizálni, hanem ellenőrizhetjük, hogy rendszerünk elég széles és változatos fogyasztási és időjárási viszonyok között is sikeresen tudja-e ellátni az országot villamos energiával.

Mintaként egy nem optimalizált szimuláció képét mutatjuk meg (lásd a címlapot). A jobb oldali alsó grafikonon látható, hogy a termelés szinte tökélete-

sen tudta követni a fogyasztás görbéjét (a vízszintes tengelyen az órák, a függőleges tengelyen a teljesítmények vannak). Ezért a lila színű vonal (termelés) szinte nem is látszik a sárga színű fogyasztási görbe alatt. A felső ábrán látszik az atomerőmű (piros) és a vízerőmű (világoskék) állandó teljesítménye. Fölöttük a változó széltermelés (kék) és naperőművek teljesítménye (sárga). Végül a rugalmasan szabályozható gázerőművek (lila) a szükséges mértékre „egésztik ki” az összteljesítményt. (A képen látható szimulációban sem szénerőművet, sem tározós erőművet nem telepített a versenyző.)

A felső menüben a „Statisztika” pont alatt tájékoztatói céllal részletes üzemi statisztika hívható elő. Természetesen a teljes konfigurációt és az összes adatot, valamint a képernyőképet is elmenthetjük.

Értékelés

A szimulációs feladat megizzasztotta a versenyzőket. A maximális 25 pontból elért átlag 14,85 volt az I. kategóriás, és 13,90 a junior versenyzők esetén. Az I. kategóriában két versenyző, a junioroknál csak egy tanuló ért el 20 pontot (80%), a többiek csak ennél kevesebbet. A legtöbb versenyző esetén hiányzott a logikus gondolkodás (vagy annak leírása), a többség próbálkozásokkal igyekezett megtalálni az optimumot, pedig a feladathoz az itt leírtánál *sokkal részletesebb* útmutatót kaptak. Mindezek ellenére – a visszajelzések szerint – a versenyzőknek (és tanáraiknak) nagyon tetszett a szimulációs feladat. Valószínűleg azért is, mert társadalmilag vitatott kérdéskörhöz nyújtott tényszerű információkat. Sokan kérdezték, hogy hol érhető el a program, mert otthon is szívesen folytatnák még a különböző konfigurációk keresését.

A szimulációs program a verseny után felkerült a webre az Országos Szilárd Leó Versenyen használt korábbi szimulációs programok mellé: http://sukjaro.eu/OSzLF_szimulaciok

A Verseny eredményei

A Verseny ünnepélyes eredményhirdetését a paksi Csengey Dénes Kulturális Központban, a feladatmegoldások ismertetése után tartottuk. 2019-ben a következő diákok érték el a legjobb helyezéseket (az I. kategóriában holtverseny is kialakult).

I. kategória (11–12. osztályosok)

I. helyezett

Fajszki Bulcsu (76 pont), Fazekas Mihály Fővárosi Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium, Budapest, tanára *Csefkő Zoltán*

II. helyezettek

Makovsky Mihály (67 pont), Baár-Madas Gimnázium, Budapest, tanára *Horváth Norbert*,

Pácsi Péter (67 pont), Zrínyi Miklós Gimnázium, Zalaegerszeg, tanára *Pálovics Róbert*

„Junior” kategória

I. helyezett

Bonifert Balázs (67 pont), Baár-Madas Gimnázium, Budapest, tanára Horváth Norbert

II. helyezett

Ludányi Levente (66 pont), SZTE Gyakorló Gimnázium és Általános Iskola, Szeged, tanára *Nagy Tibor*

III. helyezett

Bokor Endre (64 pont), Fazekas Mihály Fővárosi Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium, Budapest, tanára *Schramek Anikó*

A záróülést és a díjátadást megtisztelte jelenlétével *Radnóti Katalin*, a Magyar Nukleáris Társaság Nőtagozata alelnöke, *Csajági Sándor*, a Paksi Vak Bottyán Gimnázium igazgatója, valamint *Csanádi Zoltán*, az Energetikai Szakgimnázium és Kollégium igazgatója.

Ebben az évben több *különdíj* átadására is sor került. Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat idén is egy-egy éves *Fizikai Szemle* előfizetést ajánlott fel a két kategória első öt helyezettjének. A Magyar Nukleáris Társaság (MNT) könyvjutalmakat ajándékozott a versenyzőknek, valamint kedvezményes részvételi jegyeket az MNT által szervezett Nukleáris Szaktáborra a két kategória első három helyezettjének, amelyet *Mester András* tanár úr, az MNT Tanári Szakcsoportjának elnöke adott át. Az MNT Nőtagozata (WIN) a legjobb lányversenyzőt – *Olosz Adél* I. kategóriás versenyzőt (PTE Gyakorló Általános Iskola, Gimnázium és Óvoda, Pécs) – különdíjként egynapos látogatásra hívta meg a Paksi Atomerőműbe. A látogatás célja az atomerőműben dolgozó mérnöknők munkájának megismerése volt. A különdíjat Radnóti Katalin adta át.

A záróülésem a tanulói díjak, különdíjak és oklevelek átadása után került sor az idei *Delfin-díj* átadására, amelyet minden évben a tanárok pontversenyében legjobb eredményt elért *tanárnak* ítél a versenybizottság. Ebben az évben a Delfin-díjat *Simon Péter*, a Leöwey Klára Gimnázium (Pécs) tanára vehette át. A tanár úr már 2004-ben, 2008-ban és 2011-ben is kapott Delfin-díjat! Gratulálunk.

A *Marx György Vándordíjat* – amelyet minden évben a pontversenyben legkiválóbb eredményt elért *iskolának* ítél oda a Versenybizottság – idén a *Piarista Gimnázium* (Budapest) – immár egymást követő második évben(!) – nyerte el. Gratulálunk.

Az ünnepélyes eredményhirdetés végén Sükösd Csaba köszönetét fejezte ki a versenyt támogató Emberi Erőforrás Támogatáskezelőnek, a Nemzeti Tehetségprogramnak, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Nukleáris Technikai Intézetének, a Magyar Nukleáris Társaságnak, az Eötvös Loránd Fizikai Társulatnak, a Paksi Atomerőműnek, a Paksi Vak Bottyán Gimnáziumnak és a paksi Energetikai Szakgimnáziumnak és Kollégiumnak, valamint minden támogatónak és különdíjat felajánló szervezetnek a verseny megrendezésében nyújtott segítségükért. Külön köszönet illeti a Versenybizottságot és mindazokat a helyi szervező és tanárkollégákat, akik a szokatlan időpont ellenére is lelkesen és fáradtságot nem ismerve dolgoztak a verseny sikeréért.

A versenyt változatlan tematikával 2020-ban is megrendezzük. Ismételten *bátorítjuk a határon túli magyar tannyelvű iskolák* tanulóit is, hogy nevezzenek be az Országos Szilárd Leó Tanulmányi Versenyre. Nevezni a verseny honlapjáról – www.szilardverseny.hu – kiindulva lehet.

FIZIKAOKTATÁSUNK MARGÓJÁRA

Holics László
Budapest

Mivel az új Nemzeti Alaptanterv sajnálatosan hihetetlen módon lecsökkentette a középiskolai fizikaoktatás óraszámát (1979-ben még heti 0, 3, 3, 4 = **10** volt, napjainkra csupán 2, 2, 0, 0 = **4** maradt), a tankönyvekben található téves állításokról szükséges néhány szót ejteni, annál is inkább, mert az új óraszám miatt „rohanni kell” a tananyaggal.



Holics László 1953-ban diplomázott az ELTE-n. 1959-ig a budapesti II. Rákóczi Ferenc gimnázium matematika-fizika-ábrázoló geometria tanára, majd 2010-ig az ELTE Apáczai Csere János Gimnázium fizika vezetőtanára. A Fizika OKTV, a Mikola Sándor Fizikaverseny Bizottságának és a *KöMaL* szerkesztőbizottságának tagja, több fizika tankönyv szerzője. Többek között az Apáczai Csere János díj, az Ericsson-díj, a Rátz Tanár Úr életműdíj és a Magyar Érdemrend tisztikeresztje birtokosa.

Az alábbiakban a forgalomban levő tankönyvek egy részében, az optika témakörében felbukkanó képtelen állítások egyikéről feltétlenül szólni kell. Ez pedig a tanuló saját tükrképével kapcsolatos, amivel élete során minden nap találkozunk. Egy rövid kijelentésben található a probléma lényege, amikor tankönyvben a siktükör képalkotásáról esik szó: „A tükör által alkotott kép egyenes állású, de a bal és jobb oldalt felcseréli.”

A téves értelmezés azon helyzetből adódik, hogy az ember függőleges tengelyére nézve (majdnem tökéletesen) szimmetrikus, de a vízszintesre nem! (Ez a legtöbb élőlényre érvényes.) Ezért a tükörbe nézőnek úgy tűnik, hogy egy valóságos személy képét látja, ami megtévesztően hasonlít önmagára, ezért hiszi valóságos személy képének a látványt. Pedig olyan „személy”, mint amilyen a tükörben szemben áll vele, *nem is létezik*.

Már az is feltűnhetne a tükörbe nézőnek, ha szabvány ingben van, a bal oldalon levő ingzebe a tükör-