

Az energiáról és az  
energiatermelésről – II. rész

(Király Márton – Dr. Radnóti Katalin)

IX. Wigner Jenő  
Országos Fizikai  
Feladatmegoldó Verseny

(Dr. Molnár Miklós – Sándor-Kerestély Ferenc –  
Dr. Varga Zsuzsa)

Mit ér az iskola,  
ha magyar?

(Prof. Dr. Szabó Árpád)

XX. ÉVFOLYAM 2012

**3**

# A FIZIKA TANÍTÁSA

módszertani folyóirat

## Szerkesztőség:

Főszerkesztő:

Bonifert Domonkosné dr.  
főiskolai docens

A szerkesztőbizottság:

Dr. Kövesdi Katalin  
főiskolai docens  
Dr. Molnár Miklós  
egyetemi docens

## Szerkesztőség címe:

6723 Szeged, Debreceni u. 3/B  
Tel.: (62) 470-101,  
FAX: (62) 554-666

## Kiadó:

MOZAIK Kiadó Kft.

Felelős kiadó: Török Zoltán

Tördelőszerkesztő: Forró Lajos

Borítóterv: Deák Ferenc

## Megrendelhető:

MOZAIK Kiadó Kft.

6701 Szeged, Pf. 301

Éves előfizetési díj: 1680 Ft

A lap megvásárolható a

MOZAIK Könyvesboltban:

Budapest VIII., Üllői út 70.

A Fizika Tanításában megjelenő

valamennyi cikket szerzői jog  
védi. Másolásuk bármilyen  
formában kizárólag a kiadó  
előzetes írásbeli engedélyével  
történhet.

ISSN 1216-6634

Készült

az Innovariant Kft.-ben, Szegeden

Felelős vezető: Drágán György

# TARTALOM

**Az energiáról, az energiatermelésről II. rész**

Király Márton – Dr. Radnóti Katalin,

ELTE TTK Fizikai Intézet

**IX. Wigner Jenő Országos**

**Fizikai Feladatmegoldó Verseny**

Dr. Molnár Miklós ny. egyetemi docens (SZTE),

Sándor-Kerestély Ferenc munkaközösség-vezető

(BEC), Dr. Varga Zsuzsa egyetemi docens (SZTE)

**Mit ér az iskola, ha magyar?**

Dr. Szabó Árpád, ny. egyetemi tanár, professzor

emeritus, Nyíregyházi Főiskola, Fizika Tanszék

**Wigner Jenő Pál (1902–1995)**

Dr. Sikolya László, főiskolai tanár, tanszékvezető,

dékan, Nyíregyházi Főiskola,

Műszaki és Mezőgazdasági Kar;

Dr. Szabó Árpád, ny. egyetemi tanár, professzor

emeritus, Nyíregyházi Főiskola, Fizika Tanszék;

Dr. Szabó Tímea, kandidátus,

Ungvári Nemzeti Egyetem Elméleti Fizika Tanszék

**NET LESEN**

**Landolt a Dragon úrhajó az óceánban**

Közlési feltételek:

A közlésre szánt kéziratokat gépelve (két példányban), floppy lemezen vagy e-mailen (kattila@mozaik.info.hu) küldjék meg a szerkesztőség címére. A kéziratok lehetőleg ne haladják meg a 8-10 gépelt oldalt (oldalanként 30 sorban 66 leütés). A rajzokat, ábrákat, táblázatokat és fényképeket külön lapon megfelelő szövegezéssel kérjük ellátni. (A szövegrészben pedig zárójelben utaljanak rá.)

Kérjük, hogy a szövegbeli idézetek név- és évszámjelöléssel történjenek, míg a tanulmányok végén a felsorolt irodalom alfabetikus sorrendben készüljön. Kérjük szerzőtársainkat, hogy a kéziratok beküldésével egyidejűleg szíveskedjenek közölni pontos címüket, munkahelyüket és beosztásukat. A cikk megjelenése után a lemezeket visszaküldjük.



## FÓKUSZ

Király Márton – Dr. Radnóti Katalin

# Az energiáról és az energiatermelésről II. rész

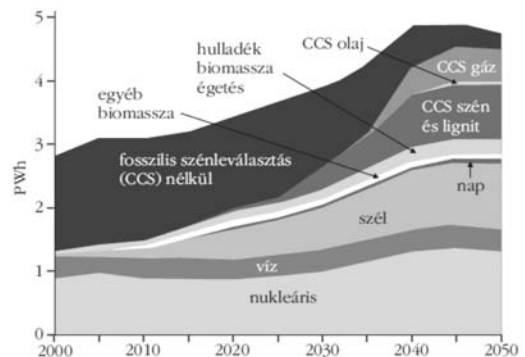
**U**tkorsorozatunk ezen részében a lehetséges energiastratégiáról és az energia előállításának néhány kérdéséről írunk.

### A világ és azon belül hazánk energiahelyzete, energiafelhasználása

**N**em is oly régen sokan úgy gondolkodtak, hogy az emberiség az olcsó és szinte végtelen mennyiségben rendelkezésre álló energia-hordozók világában él. Napjainkban azonban egyre világosabban látható, hogy erről szó sincs. A világ energiaigénye 1980-ban 7229 millió tonna olajegyenérték (Mtoe) volt, míg 2008-ra ez közel 70%-kal, 12 271 Mtoe -ra emelkedett (1 toe = 41,868 GJ). Az ENSZ adatai szerint jelenleg olyan ütemben használjuk fel a természetes energiaforrásainkat, mintha nem 1, hanem 1,4 Földünk lenne. Az EU országok energiaigénye 1700 Mtoe körüli érték évente, országaiban összesen csaknem félmilliárd ember él. A 27 EU tagország jelentős mértékben függ az orosz földgáztól. Az import 42%-a Oroszországból, 24% Norvégiából és 18% Algériából származott 2009-ben. Az EU villamosenergia-fogyasztásának prognózisa az 1. ábrán látható.

A Földön kitermelhető fosszilis energiaforrások biztosítják az energiaigény közel 80%-át, a kőolaj-, a földgáz- és a kőszénkészletek alakulása és elérhetősége mindnyájunkat érinti.

2006-ban a világon naponta 16,7 millió tonna kőszén, 13,4 millió m<sup>3</sup> kőolajat és 2,9 milliárd m<sup>3</sup> földgázt termeltek ki. Ezek az értékek minden évben emelkednek, ahogy a népesség és az ipar energiaigénye egyre csak nő. A jelenlegi becslések szerint a növekvő igény figyelembevételével a jelenlegi kőolaj-kitermelés egyre csökkenő mértékben 40–60 évig, a földgáz-kitermelés 60–100 évig, a kőszénfejtés 150–200 évig folytatható. Ötven éven belül tehát súlyos, globális méretű energiaválsággal kell, hogy szembenézzünk. A Föld népességének növekedése e súlyos probléma egyik okozója (2. ábra), a másik a fejlett, energiaéhes országok (USA, EU) kizsákmányoló politikája,



1. ábra

Az EU villamosenergia-fogyasztásának prognózisa 2050-ig

mindemellett egyre jelentősebb a gyorsan fejlődő országok (Brazília, Kína, India) meredeken növekvő felhasználása.

A Földön található *uránkészletek* a jelenlegi  $^{235}\text{U}$  felhasználás és piaci ár mellett körülbelül 100–120 évre elegendők. Fontos megemlíteni, hogy az urán is „fosszilis” tüzelőanyag abban az értelemben, hogy nincs olyan természetes folyamat, amely növelné a jelenlegi készletet. A lelőhelyek nem egy régióra korlátozottak, hanem a világ több területén is megtalálhatók. Jelentős uránvagyonnal rendelkezik Ausztrália, Kanada, Kazahsztán, Oroszország és egyes afrikai államok. Hazánkban is volt uránbányászat, melyet ugyan megszüntettek, de jelenleg is folyik uránérc kutatás a Mecsekben. Az elmúlt években 88–130 dollár volt az urán-oxid tonnákénti ára. A jelenlegi becslések szerint a hazai kitermelés 154 dollár felett lehet nyereséges majd. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség adatai szerint a jelenleg 439 működő reaktor helyett 1400 fog működni 2050-ben. Az új építésű reaktorokat 50–60 éves üzemidőre tervezik. A ciklusidő végére már minden bizonyosan szükség lesz az urán 235 izotópjának kiváltására.

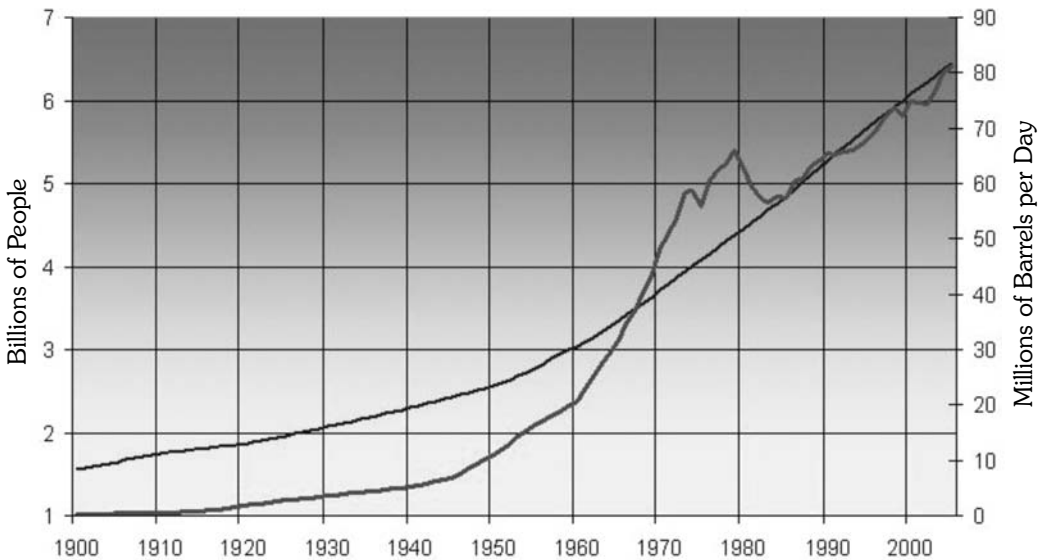
A légköri  $\text{CO}_2$ -koncentrációt a nemzetközi egyezmények szerint 450 ppm értéken kell stabilizálni, amihez a globális kibocsátás 50%-os, a fejlett országok esetében 80%-os mérséklés szükséges az 1990-es bázisához viszonyítva 2050-re.

*Hazánk* energiafelhasználása 2010-ben 1085 PJ volt, a Nemzeti Energiastratégia célkitűzései szerint ez 2030-ra sem haladja meg az 1150 PJ-t. *Energiaellátásunk jelentős része importból származik.* A legfontosabb energetikai partner Oroszország.

A magyar energiastratégia három alappillére:

- a nukleáris energia hosszú távú fenntartása,
- szén alapú energiatermelés fenntartása több okból is, mint
  - energetikai krízishelyzetben (például földgáz árrobbanás, nukleáris üzemzavar) gyorsan mozgósítható belső tartalék,
  - az értékes szakmai tudás megőrzése,
- megújuló energia, elsősorban biomassza és geotermikus, de a tervezetben megjelennek a szél-erőművek, víz-erőművek és napkollektorok is.

A fennmaradó energiaigényt (mintegy 60%) továbbra is a fosszilis tüzelőanyagokon (főleg földgáz) alapuló hőerőművek termelik meg.



2. ábra

*A világ népessége és az olajkitermelés változása a XX. században*

A legnagyobb, a teljes energiafelhasználás több mint 10 százalékát kitevő megtakarítást az épületek korszerűsítésével lehet elérni. Ma ugyanis az összes felhasznált energia 40 százalékát az épületekben használják fel, kétharmad részben épületek fűtésére és hűtésére. A lakások és középületek többsége rossz műszaki állapotban van: míg egy új épület fűtése átlagosan évente, négyzetméterenként száz kilowattóra energiát igényel, egy régi panellakásban ez kétszáz, egy középületben pedig 340 kilowattóra. Ezért fontosak a napjainkban több helyen meg is valósított fűtéskorszerűsítések és nyílászáró-cserék. A hőigények mellett figyelembe kell venni, hogy megnőtt, és minden bizonnyal tovább fog növekedni a hűtés (klimatizálás) iránti igény is. Időjárásfüggő csúcsok megjelenésére kell számítani. A magyar villamosenergia-felhasználásban megjelent nem csak a téli, hanem a nyári túlterhelési csúcs is, mely a légkondicionálók rohamos terjedésével van összefüggésben.

A tervekben szerepet kapnak a *megújuló energiaforrások*: a jelenleg 7 százalékos arányt a tavaly év végén elfogadott Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terv (NCsT) alapján 2012-re 7,5 százalékra, 2020-ig pedig 14,65 százalékra kell emelni, 2030-ban pedig az összes felhasznált energia mintegy 20 százalékának, illetve a villamos energia 16 százalékának kell megújuló forrásból származnia.

A megújuló energián belül elsőbbséget élveznek a stratégia szerint a biogáz- és biomassza-erőművek, illetve a geotermikus energia. Ezek elsősorban hőtermelési célt szolgálnának, csak másodlagosan termelnének villamos energiát. Ez fontos változás a korábbi gyakorlathoz képest, hiszen eddig az áram kötelező átvételével ösztönözték a villamosenergia-termelést, ami oda vezetett, hogy néhány rossz hatékonyságú erőműben rönkfát tüzeltek el, az áramért pedig a piacinál magasabb, garantált árat kaptak.

A települési szerves hulladék is biomasszának tekinthető. Az ilyen jellegű hulladékok akár 60%-a is hasznosítható. A fenntarthatóság és

energiahatékonyság kritériumainak megfelelően prioritást élveznek a mezőgazdasági melléktermékek, mint például szalma, kukoricaszár, illetve szennyvizek és szennyvíziszapok lokális energetikai felhasználása biomassza erőművekben, biogáz telepeken, hulladékégető művekben. Így elkerülhető az alapanyagszállítás költsége és kibocsátása.

„A paksi atomerőmű üzemidő-hosszabbítását minden forgatókönyv tartalmazza” – írja a stratégia, amely kész tényként kezeli, hogy a Paksi Atomerőmű jelenlegi négy blokkja újabb húsz évre megkapja az engedélyt, és 2032–2037-ig termelhet. A stratégia összeállítói azt is eldöntött kérdésként kezelik, hogy a 2009-es országgyűlési határozat alapján Pakson felépül egy vagy két újabb blokk, így a magyar villamosenergia-rendszer teljes kapacitásának 40–45%-át (összesen 2000 megawattot) az atomenergia adja majd a régi blokkok tervezett leállítása után is.

Az atomerőmű éjszakai áramának fontos felhasználói lehetnek az elektromos autók. A stratégia szerzői szerint a legnagyobb gyártók már 2015-től piacra lépnek az elektromos kocsikkal. Magyarországon „a tömeges technikai váltás lehet, hogy késik egy évtizedet”, de a tervek szerint valószínűsíthető, hogy 2025–30-ig az elektromos autók ára versenyképes lesz. Az atomerőművek éjszakai áramfeleslege a számítások szerint 200 ezer elektromos autó feltöltését teszi majd lehetővé, ami a teljes állomány mintegy 5 százaléka lehet. Továbbá elektrolízissel előállított hidrogén, mint stratégiai tartalék szerepelhet. A közúti áruszállítás helyett a stratégia szerint jelentős mértékben növelni kellene a vasúti és vízi szállítás arányát.

Bár a megújuló és a nukleáris energia fejlesztése csökkentené a szerepét, továbbra is meghatározó energiahordozó lenne a földgáz: a villamosenergia-termelésnek például 2030-ban is a 39 százalékát adná. A szén nemzeti stratégiai erőforrás lesz ismét, a hazai készletek megőrzése és részbeni kiaknázása is a terv részét

képezi, egy új szénérőmű építése mellett. A jelenlegi CO<sub>2</sub> kibocsátás intenzitása 370 gramm/kWh, melyet le kellene szorítani 200 gramm/kWh-ra. A hazai fosszilis erőművek mindegyikén található füstgázkezelő és kéntelenítő, a környezetvédelmi előírások szigorodása miatt.

A hazai széntermelés leépülésével a hazai energiasztruktúra a növekvő földgázfelhasználás irányába tolódott, melynek 80%-át Oroszországból szerezük be, mely kiszolgáltatottságot jelent. Ezért fontos több nemzetközi földgázvezeték megépítése. Az oroszok és az EU is több építkezést eltervezett, de egyelőre marad a norvég és az orosz földgázlelőhelyektől való függés. Továbbá fontos megfelelő tároló kapacitás kiépítése, mellyel viszont rendelkezik hazánk, ami meghaladja az éves fogyasztás körülbelül felét, a téli fogyasztás egészét. Hazai földgáztermelésünk legnagyobb része Algyőről származik, azonban a legnagyobb földgázvagyon Makó környékén található.

A fentiek alapján látható, hogy az energiapolitikában nincsenek „jó megoldások”, csak alternatívák, jövőképekhez való alkalmazkodás, elhatározás. *Minden energiatermelési módnak vannak előnyei és hátrányai!* Nem léteznek „tisztá” energia! Jelenleg nem áll rendelkezésünkre olyan energiatermelési mód, amely a Föld minden pontján minden embert korlátlan mennyiségű, környezetet nem szennyező és nem veszélyeztető energiával látna el. Ahogy ez **előre látható, az elkövetkező legalább 50 évben nem is fog rendelkezésünkre állni** ilyen technológia, de addig is energiára szükségünk van nap, mint nap.

Minden energiatermelő berendezés megvalósítása, legyártása, a környezetbe való behelyezése is energiaigényes, továbbá beavatkozást, környezeti terhelést, szennyezést jelent. Például a szélerőművek lapátjaihoz szükséges szilícium előállítás, a napelemekhez szükséges szilícium előállítás komoly és drága folyamat. De folytathatnánk a sort. Ugyanakkor energiára szükségünk van, napi tevékenysége-

ink elképzelhetetlenek már e nélkül. Természetesen a környezetet terhelő hatásokat minimalizálni kell, amint azt fent említettük.

### Villamos energia-előállítási lehetőségek

Az emberiség energiaellátásának jelentős része ma a fosszilis tüzelőanyagokra (szén, kőolaj, földgáz) épül, melyek jelenleg a világ energiaszükségletének 80%-át fedezik. A készletek, melyeket a természet évmilliók alatt halmozott fel, néhány emberöltő múlva elfognak.

Fosszilis tüzelőanyagoknak nevezzük a kőszén és az általában nagyszámú különböző szénhidrogén (*esetenként kéntartalmú*) vegyületből álló kőolajat és földgáz. A földgáz az ásványi-szénhez és a tüzelőolajhoz viszonyítva viszonylag kisszámú szén-hidrogén vegyületből áll, mely rendszerint mintegy 90% metán és mellette a lelőhelytől függően csökkenő mennyiségben magasabb szénatom számú homológokat (etán, propán, bután) és egyéb gázokat (N<sub>2</sub> és/vagy CO<sub>2</sub>), esetleg H<sub>2</sub>S-t vagy egyéb kéntartalmú vegyületet tartalmaz.

A szén, a kőolaj és a földgáz égése során annak szén- (C), hidrogén- (H) és kén- (S) tartalma reagál a levegő oxigénjével és elsősorban gáz halmazállapotú égéstermékek, mint a fent említett vízgőz és szén-dioxid, továbbá a tökéletlen égés során szén-monoxid, illetve a kéntartalom következtében kén-dioxid keletkeznek. Vagyis az ezen energiaforrások alkalmazása során keletkező szén-dioxid növeli annak légköri mennyiségét. A kén-dioxid a savas eső kialakulásában játszik fontos szerepet. Ez a probléma megoldható az úgynevezett kéntelenítő berendezések alkalmazásával, melyekbe mészkövet töltenek, mely megköti a kén-dioxid gázt úgy, hogy azt kalcium-szulfittá alakítja. Az összegyűlt szulfidiszapot állandó keverés közben, sűrített levegő bevezetésével kalcium-szulfáttá, azaz gipszé oxidálják. A szigorodó környezetvédelmi szabványoknak megfelelően ma már a benzín és a gázolaj sem tartalmazhat 10 ppm-nél, azaz

0,001%-nál több ként. Ezt hidrogénezéssel nyelik ki, majd Claus-üzemekben elemi kénné alakítják. Hazai erőműveink és finomítóink már fel vannak szerelve kéntelenítő berendezésekkel.

A szén-dioxid növekvő légköri koncentrációjával kapcsolatban nézzük a következő becslést!

*Az ipari forradalom óta a CO<sub>2</sub> szint 280 ppm-ről 385 ppm-re növekedett napjainkra. Becsülje meg, hogy mennyi szén került a légkörbe! Mennyi hasadóképes uránnal lehetett volna ezt kiváltani?*

### Megoldás

Számítsuk ki a földi légkör teljes tömegét, melyhez a nyomás definícióját kell használni! A levegő súlyát megkapjuk, ha a légnyomást és földfelszint összeszorozzuk:

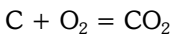
$$G \text{ (levegő)} = p \cdot F_{\text{Föld}} = 10^5 \text{ Pa} \cdot 4 \cdot \pi \cdot R_F^2 \approx 5,1 \cdot 10^{19} \text{ N.}$$

Innen a légkör teljes tömege  $m = 5,1 \cdot 10^{18} \text{ kg}$ .

A levegő átlagos móltömegét  $29 \text{ g} = 0,029 \text{ kg}$ -nak vesszük, ebből kiszámíthatjuk, hogy hány mól levegő van a földi légkörben, ami  $n = m/M \approx 1,76 \cdot 10^{20} \text{ mol}$  levegő.

Ebből a CO<sub>2</sub> szint kezdetben:  $1,76 \cdot 10^{20} \cdot (280/106) \approx 4,93 \cdot 10^{16} \text{ mol}$ , és napjainkban:  $1,76 \cdot 10^{20} \cdot (385/106) \approx 6,78 \cdot 10^{16} \text{ mol}$ .

Különbségük a növekedés, ami:  $1,85 \cdot 10^{16} \text{ mol}$ .



reakcióegyenlet alapján a szén tömege a mólok száma szorozva  $12 \text{ g} = 0,012 \text{ kg}$ -mal:  $2,22 \cdot 10^{14} \text{ kg}$  (elemi) szén elégetése során került volna ennyi szén-dioxid a levegőbe.

A CO<sub>2</sub> képződéshőjéből ki tudjuk számolni, hogy ha ez a mennyiségű CO<sub>2</sub> szén elégetésével keletkezett volna, akkor mennyi energia szabadult volna fel:

$$1,85 \cdot 10^{16} \text{ mol} \cdot 394 \text{ kJ/mol} \approx 7,3 \cdot 10^{18} \text{ kJ} = 7,3 \cdot 10^{21} \text{ J.}$$

Ebből, hogy ez hány darab 235-U hasadásának energiája ( $32 \text{ pJ} = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ J}$ ) lehetne:

$$7,3 \cdot 10^{21} \text{ J} / 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ J} \approx 2,28 \cdot 10^{32} \text{ darab hasadás energiája. Ezt osztva az Avogadro}$$

( $6,022 \cdot 10^{23}$ ) számmal:  $3,8 \cdot 10^8 \text{ mol}$  urán 235 izotópnak kellene elhasadni.

Ennek tömege pedig a mólok száma szorozva az urán móltömegével,  $0,235 \text{ kg/mol}$ -al, körülbelül  $9 \cdot 10^7 \text{ kg}$  urán 235 izotóp helyettesítette volna ezt a szénen.

Meg kell jegyeznünk, hogy a Földön jelenleg úgy  $5,4$  millió tonna urán található, ennek  $0,7\%$ -a ( $4 \cdot 10^7 \text{ kg}$ ) <sup>235</sup>U áll rendelkezésre.

A **megújuló energiaforrások** nagy része csak nagy területen, kis mennyiségben, és jelenleg túl drágán képes villamos energiát termelni, nem beszélve arról, hogy erősen függnek napszaktól és évszaktól, valamint az időjárás szélsőségeitől. A legtöbb megújuló energiát a vízerőművek szolgáltatják, azonban ezek kapacitása is véges, és környezeti terhelésük nagysága vitatott.

A **szélerenergia** a megújuló energiaforrások közül az egyik legelterjedtebben alkalmazott. Jelenleg mintegy  $200 \text{ GW}$  névleges kapacitás működik világszerte, ennek majd fele Európában. A dán-német partokra telepített szél-erőművek  $1\text{--}2 \text{ MW}$  teljesítményűek, de nem mindig fúj a szél, a valós teljesítmény ennek átlagosan ötöde. A változó teljesítmény kiegyenlítéséhez áthidaló tárolókra van szükség, például a norvég szivattyús tározós vízerőművekre. A legnagyobb hátrány a beruházásigény, mely elérheti az  $1$  milliárd Ft/MW-ot, ugyanakkor az EU energiastratégiájának elsődleges részét képezi a szélerenergia minél szélesebb körű hasznosítása.

A vízenergia hasznosítását két csoportba sorolhatjuk. Az egyikben a víz kinetikus energiáját hasznosítják, a másikban a víz potenciális energiáját. A potenciális energiát gátrendszerek segítségével, csak nagy esésű folyókon tudjuk kiaknázni, a legtöbb ilyen beruházás már megvalósult. A kinetikus „óceán energia” a tengeri áramlások mozgási energiáját, a hullámok és az ár-apály energiáját igyekszik hasznosítani. Eleddig kevés beruházás történt ezen a területen, bár a lehetőségek határtalanok.

A **napenergiát** lehet közvetlenül, fotovoltaikus (PV) úton, napelemekkel hasznosítani

(eddig 21 GW világszerte), vagy lehet a napsugarakat fókuszálni, koncentrált napfényes melegítés és/vagy gőzfejlesztés elvén működő erőműveket is építenek (2 GW). További lehetőség a háztáji melegvíz-ellátás és fűtés biztosítása sötétcellás napkollektorokkal. A napenergia hátránya a viszonylag kis hasznosítású energiasűrűség, az óriási beruházási- és területigény. Mellette szól azonban az egyszerű telepítés és az azonnali helyi felhasználás lehetősége.

A **biomasszából** történő energiatermelés előnye környezetvédelmi szempontból az, hogy ennek során nem növekszik a levegőben a széndioxid mennyisége. A biomasszáként használt növények életciklusa rövid, ezért az új ültetvény növényei a növekedésük alatt rövid időn belül felhasználnak ugyanannyi szén-dioxidot, mint amennyi az előző mennyiség égetésekor keletkezett. Természetesen a fosszilis energiahordozók égetése során is – a veszteségeket leszámítva – ugyanannyi szén-dioxid keletkezik, mint amennyit azok az élőlények, amelyekből a kőszén, a kőolaj és a földgáz létrejött, felhasználtak a levegőből. Azonban az a probléma, hogy mi néhány évtized alatt szabadítjuk fel azt a széndioxid mennyiséget, amelyet az élőlények évmilliók alatt kötöttek meg.

*A biomassza alatt – tágabb értelemben – a Földön élő élőlények összes tömegét értjük, energetikailag pedig főleg az eltüzelhető és fűtésre, vagy villamos energia termelésére használható növényeket, növényi és állati hulladékokat.* Ezek lehetnek mezőgazdasági és ipari hulladékok: szalma, állati trágya, olajpogácsa, depóniagáz; vagy lehetnek speciálisan erre a célra ültetett energianövények, elsősorban gyorsan növő lágyszárú növények, fűvek. Valójában a fotoszintézis energiáját alakítjuk át hővé, majd villamos energiává, etanollá stb. Azért ne feledjük el, hogy az elégetés során nem csak szén-dioxid keletkezik, hanem szálló por, szén-monoxid, dioxin, különböző nitrogén-oxidok stb., amelyeket nagyon költségesen tudunk

semlegesíteni, továbbá magas alkáli- és klórtartalma, korrozivitása, hamujának összeolvadási hajlandósága és az általa képzett lerakódások nagy problémákat okoznak a biomassza tüzelésű erőművek tervezése és üzemeltetése során.

A legegyszerűbb energiatermelési módszer a közvetlen eltüzelés egy egykörös, vízforraló erőműben, a túlhevített gőzzel turbina meghajtása, a gőz kondenzációs hőjével pedig a környező település és ipari létesítmények fűtése és melegvíz ellátásának biztosítása. A száraz fa, a szalma, az energiafű fűtőértéke közelítőleg a barnakőszénével azonos, 18–20 MJ/kg körül.

Az égetéssel a legnagyobb probléma az, hogy egy meglévő szén vagy egyéb fosszilis tüzelőanyag elégetésére tervezett erőművet nem lehet azonnal biomassza tüzelésre átállítani, mivel az égetés során sokkal korrozívabban viselkedik; mint a szén vagy a kőolaj hasonló esetben, amint azt fentebb említettük. A tapasztalatok azt mutatják, hogy majdnem minden tüzelőanyag esetén a módosítás nélküli biomassza tüzelésre való átállítás néhány hét alatt tökéletesen működésképtelenné tud tenni egy ilyen erőművet és jelentősen felgyorsítja a fémek korróziós folyamatainak előrehaladását (HUMBOLDT, 2006).

A közvetlen biomassza-égetés legégetőbb problémái a salak összeolvadása és a lerakódások a hőcserélő felületeken és a kazán falán. Ezek elsősorban szalma és más lágyszárúak égetésénél jelentkeznek, de ritkábban előfordul fánál és olajpogácsáknál is, bár általában kisebb mértékben. Ezen jelenségek feltételezett kiváltója a magas kálium-, klór- és szilíciumtartalom (ÖHMAN ÉS MTSAI, 2004). A kálium-klorid az égetési hőmérsékleten elpárolog, majd följebb, az alacsonyabb hőmérsékletű területeken kondenzál, az olvadáskába pedig beleragad a szálló hamu, vastag lerakódásokat okozva. Ez jelentős korróziós tényezőnek bizonyul, a saválló acélból készült túlhevítőket is néhány évente cserélni kell, továbbá ez a lerakódás jelentősen csökkenti a berendezés hőátadó képességét, mely főleg a villamos energiatermelésnél kritikus.



A biomassza más, fosszilis energiahordozókkal, főleg szénnel együtt való eltüzelése (co-firing) megoldást jelenthet sok biomasszával kapcsolatos problémára. Ha a kőszénhez 10–20% szalmát, faaprítékot, korpát, vagy bármely más típusú biomasszát keverünk, akkor az elegy tulajdonságai gyakorlatilag alig térnek el a tiszta kőszénétől, nem olvad össze a hamu és nem képződnek lerakódások sem, csak a teljesítmény csökken, mivel a szeneknek általában nagyobb a fűtőértéke. Ez járható út, Magyarországon és az egész világon eredményesen alkalmazzák ezt az erőművek CO<sub>2</sub> és SO<sub>2</sub> kibocsátásának csökkentésére.

A másik, igencsak eltérő biomassza felhasználási mód a pirolízis. Ez lehet levegő kizárásával végzett pirolízis, de lehet vízgőzzel való reagáltatás, vagyis elgázosítás. Ez történhet igen alacsony hőmérsékleten, 250–300°C között. Ilyenkor a fa száraz lepárlásából származó éghető gázok, formaldehid, víz, szén-monoxid és a lignin egy része távozik, lehet magasabb, 500°C feletti hőmérsékleten, itt a gáz összetétele főleg CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> és víz. Az ilyen közepes hőmérsékletű pirolízis mellékterméke a faszén, mely utána külön elégethető.

Közismert tény, hogy ahhoz, hogy 7 milliárd ember energiaszükségletét tisztán biomasszából fedezzük, legalább két Földnyi termőterületre lenne szükség. Ezen felül további probléma ezzel az energiaforrással, hogy az energiaültetvényeket nemcsak olyan területekre telepítik, amelyek semmi másra nem használhatók gazdaságosan, hiszen ezek elsősorban erdőkben és szántóföldön megtermelt növények. A biomassza bázisa osztozik a mezőgazdasági eredetű ipari nyersanyagok (pl. fa, gyapot, len stb.) és az élelmiszerek termelésére használt termőfölddel.

Nézzük meg, hogy Magyarország viszonylatában ez hogy néz ki! Magyarország 20,6%-át borítják (MgSzH Adattár 2009. XII. 31.) erdők. Ezekben az erdőkben évente 13,6 millió m<sup>3</sup> faanyag, mint növekmény keletkezik. Ha ezt az évi növekményt használnánk fel, akkor hosszabb távon az erdőink állapota, erdőösültségünk

mértékre, a favagyonunk nem változna. Valójában a fenti mennyiség nem is termelhető ki, mert vannak fokozottan védett, vagy olyan erdőink, ahol a talaj megkötése, illetve egyéb szempontok miatt az intenzív erdőgazdaság nem megengedhető. Ebből adódóan ténylegesen csak 10 millió m<sup>3</sup> az évente kitermelhető fa-tömeg. (Megjegyzendő, hogy ebből évente csak 6,8 millió m<sup>3</sup> fát termelünk ki.) Tétélezzük fel, hogy az évente kitermelhető 10 millió m<sup>3</sup> faanyagot kitermeltetjük és lemondunk az iparifa (pl. bútor, épületfa) használatról és a lakossági téli tüzelőről és úgynevezett biomassza erőművekben ebből elektromos energiát állítunk elő. A Pécsi Erőmű 50 MW teljesítményének faaprítékból történő előállításához kb. 450–500 ezer m<sup>3</sup> faanyag elégetésére van szükség évente. Ebből az következik, hogy az éves növekmény eltüzelésével maximum 2 db 500 MW-os paksi atomerőmű blokkot tudnánk kiváltani. Még nem vettük bele, hogy a faanyag megtermelése, kivágása, az erőműbe történő szállítása, aprítása is jelentős energiaigénnyel jár.

A bioetanol és biodízel motorhajtóanyagok esetén jobb a helyzet Magyarországon. Ha az ország 48%-át kitevő szántóföldjének körülbelül negyedén kukoricát, repcét vagy egyéb biohajtóanyag termelésére alkalmas növényeket termesztünk, akkor közel 3 milliárd liter motorhajtóanyag igényünket fedezni tudnánk. Természetesen nagy népsűrűségű (dél-kelet-Ázsia), vagy fajlagosan kevés termőfölddel rendelkező ország esetében az ilyen arányú termőföldnek élelmiszer-termelésből való kivonása nem lehetséges.

Nézzük a következő számítást!

Magyarország területe 93027,44 km<sup>2</sup>, melynek 48%-a szántóföld, ami 44653,17 km<sup>2</sup> = 4,46 millió ha (hektár). (1 ha = 100 m x 100 m = 10000 m<sup>2</sup> = 0,01 km<sup>2</sup>, a mezőgazdaságban ezt az egységet használják.)

A statisztikai adatok szerint a termésátlag egy jó évben 8 tonna/ha kukoricára.

Ha mind a 48%-nyi termőföldön kukoricát termelnénk, az  $8 \text{ t/ha} \times 4465317 \text{ ha} = 35,72$  millió tonna lenne.

Számoljunk úgy, hogy 1 liter bioetanol előállításához kb. 3 kg kukorica szükséges, akkor a 35,72 millió tonna kukoricából  $35,72/3 = 11,9$  millió  $\text{m}^3$  bioetanol állítható elő. Hazánk 2010-es üzemanyag-fogyasztása (benzin és gázolaj) a KSH adatok szerint 3 milliárd liter volt, ami 3 millió  $\text{m}^3$ . Azonban a bioetanol fűtőértékét sem vehetjük azonosnak a közlekedésben és a mezőgazdasági gépekben használt üzemanyagokéval. Az etanol égéshője 26,8 MJ/kg, a biodízelé 37 MJ/kg, míg a benziné és a gázolajé kb. 43 MJ/kg, tehát csak 8–9 millió  $\text{m}^3$  üzemanyagot tudnánk így kiváltani. A fenti becslés szerint az éves felhasználás közel háromszorosát tudnánk megtermelni, ha a teljes termőterületen csak ezt akarnánk előállítani. Ekkor azonban nincs élelmiszertermelés...

Vagyis hazánk teljes üzemanyag-szükségletét elő tudnánk úgy állítani, ha a rendelkezésre álló termőföldek harmadát használjuk erre a célra, mely az ország területének 16%-a. Ez körülbelül három megye teljes területe. Ehhez kellene évi 12 millió tonna megtermelt kukorica, de évente csak körülbelül 8 millió tonnát termelünk és az is elfogy! Azonban nem szabad elfelejteni, hogy Magyarország termőterülete nem elhagyott, hanem jelenleg is gabona-, kukorica-, zöldség-, gyümölcs- és szőlőtermesztés folyik rajta, s mivel ezektől nem szeretnénk megválni, így újabb 1,5 millió ha termőterületre lenne szükség. Egyes nyugati országok is hasonló következtetésre jutottak. Etiópiában rendezkedtek be zöldségtermesztésre, a helyi lakosság pedig, mivel nem tudja megfizetni az ott termelt, de nyugatra szánt élelmiszert, éheznek!

Sajnos a biomasszával történő energiatermelésnek van egy rendkívül káros társadalmi és piaci hatása is. A termelők a kereslet miatt oda adják el a megtermelt biomasszát (pl. faaprítékot),

ahol többet kapnak érte. Ebből adódóan a biomasszával történő energiatermelés állami támogatása miatt forgácslap gyárak mentek tönkre, mert ők is ugyanerre a nyersanyagbázisra épültek. A Magyarországon létesült bioetanol gyárak csak akkor tudnak a megfelelő mennyiségű nyersanyaghoz jutni, ha a világgpiacon leesik a kukorica ára és túlkínálat jelentkezik. Továbbá kiszámíthatatlanná teszi a piacot, hogy az időjárás jelentősen befolyásolja a termés mennyiségeket. Nem csak nálunk tapasztalható ilyen viszásság, hanem világszerte. Pl. Amerikában, ha kukoricából készült bioetannal teletankolnak egy luxus terepjárót, akkor annyi kukoricát használnak fel a bioetanol gyártáshoz, amellyel egy afrikai éhező kb. egy éves táplálása lenne megoldható.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a biomassza, mint energiaforrás számbavétele során sokféle következtésre lehet jutni, attól függően, hogy valaki csak az előnyeit vagy csak a hátrányait emeli ki. A biomassza felhasználásának több különböző, eltérő előnyökkel és hátránnyal járó felhasználási módja lehet, ezek azonban a mai napig nem alkalmasak a jelenlegi fosszilis tüzelőanyagok teljes kiváltására, csupán áthidaló megoldást nyújtanak, elterjedésükkel rengeteg fosszilis energiahordozót tudunk megtakarítani. A fűtési célú felhasználás ugyan kifizetődőnek látszik, de a sokkal nagyobb jelentőségű elektromos energiatermelés terén még mindig nem értük el a gazdaságosságot, nem született meg a kiforrott technológia, mely lehetővé tenné a nagy volumenű, hosszú távú, nyereséges energiatermelést ezen megújuló energiaforrás felhasználásával. Mint a fenti példából látható, a biomassza termelés csak kiegészítheti az energiatermelést, de Magyarországot és a Föld lakosságát nem lehetne már tisztán biomassza termelésből ellátni energiával.

Az **üzemanyagcellák** az elemekhez hasonlóan a kémiai reakciókkal közvetlenül elektromosságot állítanak elő, a különbség az, hogy

míg az elemeket kifogytuk után újra kell hasznosítani, az üzemanyagcella mindaddig üzemel, amíg üzemanyagot töltünk bele. A szerkezet alapegysége két elektródából áll, egy elektrolit köré szendvicsszerűen préselve. Az anódon hidrogén, míg a katódon oxigén halad át. Katalizátor segítségével a hidrogénmolekulák protonokra és elektronokra bomlanak. A protonok keresztüláramlanak az elektroliton. Mielőtt az elektronok áramlása elérné a katódot, felhasználható elektromos fogyasztók által. A katódra érkező elektronok a katalizátor segítségével egyesülnek a protonokkal és az oxigénmolekulákkal, vizet hozva létre. A folyamat során hő is termelődik.

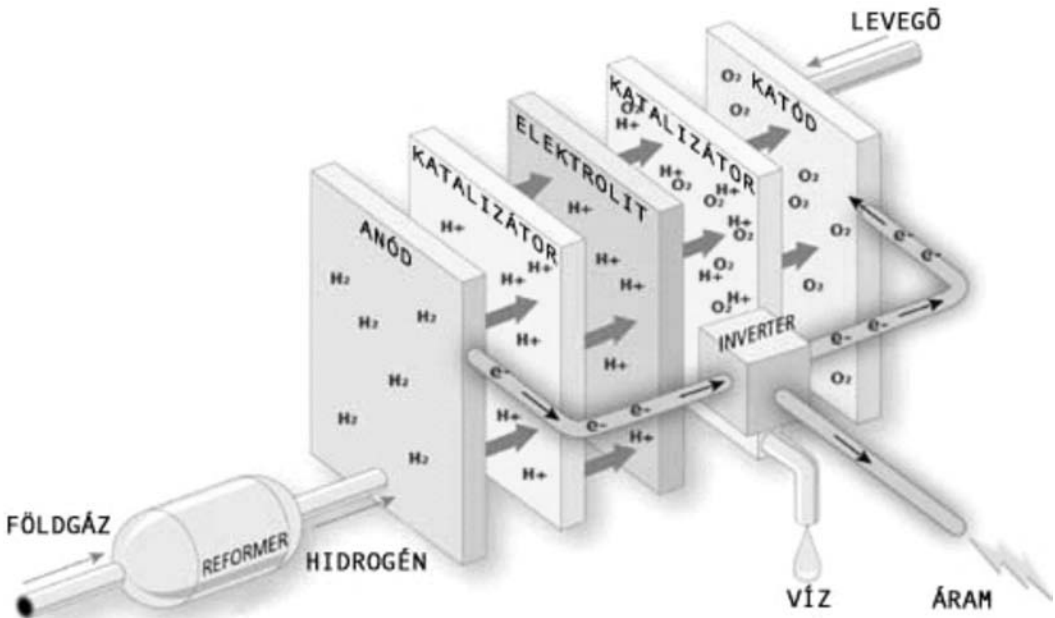
Az üzemanyagcella fő részei a cellák, az elektródok és a membrán (3. ábra).

Az oxidáció során elektronokat adnak le, amelyek a katódhoz vándorolva áramot hoznak létre.

Egy tipikus mikrobiális üzemanyagcella is anód- és katódtérből áll, amelyeket egy kation-szelektív membrán választ szét. Az anódtérben található mikrobák végzik a jelen levő szerves anyagok oxidálását, miközben elektronokat adnak át az anódnak, amelyek a katód felé vándorolnak.

A töltéskiegyenlítés céljából eközben a keletkező protonok diffúziója történik meg hasonló irányban a katódtér felé a protionszelektív membránon át. A membrán anyagába negatív töltésekkel rendelkező funkciócsoportokat építenek be. Így módon az elektromos tasztítás miatt az anionokat nem engedi át. Funkciója a két cellatér fizikai elválasztása is, valamint az oxigén anódtérbe történő diffúziójának megakadályozása.

A katódtérben aerob körülmények vannak, a bevezetett oxigénből, az idevándorló protonokból és elektronokból víz képződik. Az elektronáram egy részét lehet kinyerni a cellákból, a két elektród közé épített ellenállás (fogyasztó) segítségével.



3. ábra  
Üzemanyagcella

Az anód szerepe az elektron felvételére koncentráliódik. A katód klasszikus esetben a katódterben levő vizes oldatba merül, körülötte levegőbuborékkoltatással érik el a megfelelő oxigénkoncentrációt, amelyek segítségével a vízképződés lezajlik a protonokból, elektronokból és az oxigénből.

Az üzemanyag-átalakítót (reformer) tartalmazó rendszerek képesek felhasználni bármely szénhidrogén tüzelőanyagot, a földgáztól kezdve a metanolon át a gázolajig. Inverter közbeiktatásával váltóáramot is hozhatunk létre. Mivel az üzemanyagcella nem égésen alapul, hanem elektrokémiai reakción, az emissiója mindig jóval kisebb lesz, mint a legtisztább égési folyamatoknak. Az üzemanyagcella gyakorlatilag egy olyan elektrokémiai galvánelem, amely képes üzemanyagának kémiai energiáját közvetlenül elektromos energiává átalakítani. Az egyik legnagyobb különbség azonban az akkumulátorok és az üzemanyagcellák között az, hogy az akkumulátorok esetében az üzemanyag felhasználása után az elem (vagy akkumulátor) cseréje (vagy feltöltése) szükséges, az üzemanyagcellákat azonban új üzemanyaggal folyamatosan el lehet látni (3. ábra).

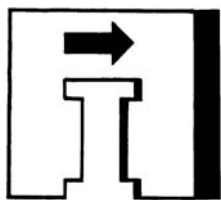
A tüzelőanyag-cellában az elektrolízissel elentétes folyamat zajlik: a levegőből nyert oxigén és a hidrogén reakciójánál víz és elektromos energia keletkezik. A veszélyes durranógáz kialakulásának elkerülésére a hidrogént és az oxigént egymásra fektetett cellalemezek keskeny járataiba vezetik, a gázokat platina bevonatú proton áteresztő polimer-elektrolit fólia választja el egymástól. Az anódon protonjaira és elektronjaira bomlik a hidrogén, a pozitív töltésű protonok a membránfólián át a katód oxigénatomjaihoz igyekeznek, miközben az elektronok az anódon maradnak, és a két pólus között feszültség jön létre (Bélafiné – Vajda 2010). A hatásfokuk nagyon jó, 26–62 % közötti. Ezek a cellák rendkívül drágák, viszonylag rövid élettartamúak, és csak tiszta üzemanyag-

gal képesek üzemelni, ezen kívül még számos technikai problémát meg kell oldani, minthogy igen magas hőmérsékleten (800–1000 °C) képesek csak üzemelni.

Cikksorozatunk következő részében a nukleáris energiáról írunk részletesebben.

## Irodalom

- [1] Bajsz József: Nukleáris energia: vele vagy nélküle? *Fizikai Szemle*. LX. évfolyam 2010/5. szám, 156–160.
- [2] Bélafiné Bakó Katalin – Vajda Balázs: Mikrobiális üzemanyagcellák. *Magyar Kémikusok Lapja*. LXV. évfolyam 2010. 5. szám, 151–153.
- [3] Büki Gergely: A Földben termelt energia hasznosítása. *Fizikai Szemle*. LX. évfolyam 2010/6. szám, 181–189.
- [4] Humboldt, P.: *Das Biomasse-Heizkraftwerk* Ulm: Konzept, Umsetzung und Bürgerbeteiligung. VGB powertech, 2006. vol. 86, n 10, 42–44.
- [5] Öhman, M., Boman, C., Hedman, H., Nordin, A., Boström D.: Slagging tendencies of wood pellet ash during combustion in residential pellet burners, *Biomass and Bioenergy*, Volume 27, Issue 6, December 2004. Pages 585–596.
- [6] Sós Katalin – Nánai László: Energiaválság - energiahatékonyság. *A Fizika Tanítása*. XVIII. évfolyam 2010/1. szám, 3–7.
- [7] <http://www.origo.hu/itthon/20110718-atomeromu-vagy-megujulo-energia-itt-az-uj-nemzeti-energiastrategia.html>
- [8] <http://www.kormany.hu/download/e/19/40000/Energiastrategia.pdf>
- [9] <http://www.energiakaland.hu/>
- [10] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Energiafejleszt%C3%A9s>
- [11] <http://zoldtech.hu/cikkek/20071109-tankoljunk-kukoricat> (Szerző: Égő Ákos)
- [12] <http://www.foek.hu/korkep/enhat/uzemanyagcella/uzemanyagcella.html>



## IMPULZUS

Dr. Molnár Miklós – Sándor-Kerestély Ferenc – Dr. Varga Zsuzsa

# IX. Wigner Jenő Országos Fizikai Feladatmegoldó Verseny

Békéscsaba, 2012. február 24–26.

A Békéscsabai Evangélikus Gimnázium (BEG) természettudományos munkaközössége kilencedik alkalommal szervezte meg az evangélikus iskolák Wigner Jenő Országos Fizikai Feladatmegoldó versenyét.

A verseny célja a tanulók problémamegoldó képességének fejlesztése, a kísérletezés örömeinek megélése, a mért eredmények feldolgozása, törvényszerűségek megfogalmazása, a fizikatanár kollégák szakmai továbbképzése, a versenyzőknek tartott előadásokkal a tágabb ismeretek megszerzése.

A versenyt az evangélikus, protestáns (határon túli) iskoláknak hirdettük meg, amelyen az iskolák évfolyamonként egy-egy versenyzővel vettek részt.

Az első napon a versenyzőket csapatokba sorsoltuk (véletlenszerűen, 4 fő/csapat), a csapatok három műhelyfoglalkozáson vettek részt úgy, hogy óránként cseréltek a műhelyek között. Az 1. műhely: fénytán (kézi spektroszkóp készítése) – vezetője dr. Molnár Miklós ny. egyetemi docens, a 2. műhely: mechanika (sűrűségmérés Bakusinszkij-féle módszerrel) – vezetője Berecz János és Nagy Tibor Ericsson-díjas fizika tanárok, a 3. műhely (mágnesek és motorok)

– vezetője Jarosievitz Zoltán nyugalmazott fizikatanár volt.

A második nap a versenyzők háromórás feladatmegoldáson vettek részt. Párhuzamosan a tanár kollégák szakmai továbbképzése zajlott. Ebéd után a dolgozatok javításával párhuzamosan a diákok és a tanár kollégák részére neves előadók: dr. Sükösd Csaba, dr. Jarosievitz Beáta, dr. Kovács Zoltán (Kolozsvár), Zombori Ottó érdekes, színvonalas előadásai tették izgalmassá a délutánt.

Köszönet a felkészítő tanároknak, akik – időt, energiát nem kímélve – elhozták a diákokat a versenyre.



1. ábra

A kézi spektroszkóp kellékei

A verseny lebonyolításában az alábbi kollégák vettek részt: Hevesi Krisztina, Vozár Andrea, Balog László, Fekete Ilona, Fazekas Attiláné, akiknek munkáját elismerés és köszönet illeti.

A verseny támogatásáért köszönet az Országos Evangélikus Egyháznak és az iskola vezetőségének.

Úgy gondoljuk, hogy a versennyel a kitűzött célt elértük. A kísérletek elvégzése, a problémamegoldás adhatja azt a többletet, aminek következtében a fizika iránti elkötelezettséggel a pályaválasztásban nyújthat segítséget.

### A verseny helyezettei kategóriánként

#### 9. évfolyam

- 1. Csathó Botond**, Debrecen, Református Gimnázium, 56 pont
- 2. Varju Ákos**, Bonyhádi Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, 54 pont
- 3. Márton Péter**, Aszód, Petőfi Evangélikus Gimnázium, 43 pont

- 4. Piti Ákos**, Hódmezővásárhely, Bethlen Gábor Református Gimnázium, 40 pont
- 5. Krahling Péter**, Budapest, Fasori Evangélikus Gimnázium, 32 pont
- 6. Solyom Noel**, Budapest, Fasori Evangélikus Gimnázium, 30 pont

#### 10. évfolyam

- 1. Kacz Dániel**, Bonyhádi Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, 55 pont
- 2. Csáky Pál**, Debrecen, Református Gimnázium, 53 pont
- 3. Gall Eszter**, Budapest, Fasori Evangélikus Gimnázium, 50 pont
- 4. Pataki Dávid**, Budapest, Fasori Evangélikus Gimnázium, 42 pont
- 5. Simon Péter**, Pápai Református Gimnázium, 40 pont
- 6. Karay Orsolya**, Budapest, Fasori Evangélikus Gimnázium, 40 pont



2. ábra  
Sűrűséget mérnek a tanulók

**11. évfolyam**

1. **Takács Gábor**, Bonyhádi Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, 57 pont
2. **Balázs Norbert**, Budapest, Fasori Evangélikus Gimnázium, 34 pont
3. **Nyáry Anna**, Sopron, Berzsényi Dániel Evangélikus Gimnázium, 32 pont
4. Filep Gábor, Debrecen, Református Gimnázium, 30 pont
5. Horváth András, Pápai Református Gimnázium, 27 pont
6. Nádasi Gábor, Nyíregyházi Evangélikus Kossuth Lajos Gimnázium, 24 pont

**12. évfolyam**

1. **Ercsey Tamás**, Hódmezővásárhely, Bethlen Gábor Református Gimnázium, 58 pont
2. **Lukács Roland**, Nyíregyházi Evangélikus Kossuth Lajos Gimnázium, 56 pont
3. **Táczai István**, Bonyhádi Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, 50 pont

4. Pauló Simon, Aszód, Petőfi Evangélikus Gimnázium, 20 pont
5. Süle Viktor, Pápai Református Gimnázium, 20 pont
6. Potoret Máté, Orosháza, Székács József Evangélikus Gimnázium, 16 pont

Az alábbiakban közöljük a feladatsorokat kategóriánként, a megoldásokkal és a pontozási útmutatókkal együtt. A feladatlapokat dr. Molnár Miklós és dr. Varga Zsuzsa (Szegedi Tudományegyetem) állították össze. Egy-egy kategória 4–4 számításos, méréses feladatot (maximális pontszám 11–11 pont, azaz  $4 \times 11$  pont, tehát kategóriánként 44 pont), és 4–4 tesztfeladatot tartalmaz, amelyekhez 4–4 válasz tartozik (a maximális pontszám  $4 \times 1$  pont, tehát kategóriánként 16 pont). Kategóriánként elérhető maximális pontszám így  $44 + 16 = 60$  pont.



3. ábra

*Dr. Sükösd Csaba az atomenergia jövőjéről tartott érdekes előadást*

**9. osztály: Mechanika**

1. Egy kisméretű test  $k$  kerületű körpályán mozog. Az alábbi táblázatban feltüntettük a test sebességét egyenlő időközönként a megtett ( $s_{iv}$ ) út (ívhossz) függvényében:

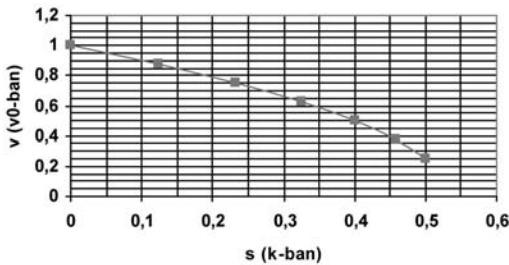
$s_{iv}$	0	0,125k	0,233k
$V$	$v_0$	$7v_0/8$	$3v_0/4$
$t$ (rel. egység)	0	$\Delta t$	$2\Delta t$

0,325k	0,4k	0,458k	0,5k
$5v_0/8$	$v_0/2$	$3v_0/8$	$v_0/4$
$3\Delta t$	$4\Delta t$	$5\Delta t$	$6\Delta t$

- a) Ábrázold a test sebességét a megtett út függvényében!
- b) Milyen mozgást végez a test?
- c) A teljes körpálya hány százalékát teszi meg még a test, amíg megáll?

**Adatok:** a táblázatban

a) A megtett út és a sebesség adatpárokából elkészített grafikon:

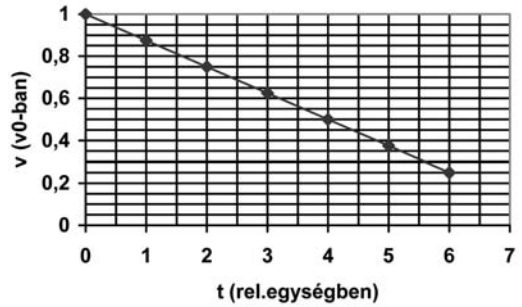


3 pont

b) Ábrázoljuk a test sebességét az idő függvényében!

$s_{iv}$	0	0,125k	0,233k
$v$	$v_0$	$7v_0/8$	$3v_0/4$
	$v_0$	$0,875v_0$	$0,75v_0$
$t$ (rel. egység)	0	$\Delta t$	$2\Delta t$

0,325k	0,4k	0,458k	0,5k
$5v_0/8$	$v_0/2$	$3v_0/8$	$v_0/4$
$0,625v_0$	$0,5v_0$	$0,375v_0$	$0,25v_0$
$3\Delta t$	$4\Delta t$	$5\Delta t$	$6\Delta t$



A grafikonról (egyenes, lineáris kapcsolat) jól látszik, hogy a mozgás egyenletesen lassuló. 3 pont

c) A lassulás nagysága

$$a = \frac{v_0 - 0,25 v_0}{6\Delta t} = \frac{0,75 v_0}{6\Delta t} = 0,125 \frac{v_0}{\Delta t}$$

A megállásig eltelt összes idő

$$t = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{0,125 \cdot v_0 / \Delta t} = 8 \cdot \Delta t$$

Így a megállásig még hátralevő idő:  $2 \cdot \Delta t$

A már megtett út nagysága:

$$\begin{aligned} 0,5k &= v_0 \cdot 6\Delta t - 0,0625 \cdot \frac{v_0}{\Delta t} \cdot 36(\Delta t)^2 = \\ &= 3,75 \cdot v_0 \Delta t, \text{ ahonnan } v_0 \Delta t = \frac{2}{15} \cdot k = 0,1333 \cdot k. \end{aligned}$$

A még megteendő út nagysága:

$$\begin{aligned} \frac{0,25v_0}{2} \cdot 2\Delta t &= 0,25 \cdot v_0 \cdot \Delta t = 0,25 \cdot \frac{2}{15} \cdot k = \\ &= 0,03333 \cdot k, \text{ ami a teljes körpálya} \\ \frac{0,033 \cdot k}{k} &= 0,033 = 3,33\% - a. \end{aligned}$$

5 pont

2. Egy hólégballon  $18 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  sebességgel emelkedik (függőlegesen). Amikor a hólégballon egy adott magasságban van a talaj felett, a ballon utasa kiejt a ballon kosarából egy testet. A test a kiejtés után  $10,5$  s elteltével ér a talajra. A légellenállástól tekintsünk el.

a) Milyen magasan volt a hólégballon a földfelszín fölött abban a pillanatban, amikor a testet az utas kiejtette?



b) Mekkora a test sebessége akkor, amikor a test a kidobáskori magasság felénél tartózkodik?

c) Mekkora sebességgel ér a test a talajra? A légellenállástól tekintünk el,  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

$$\text{Adatok: } v_0 = 18 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

$$t_{\text{összes}} = 10,5 \text{ s}, g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

a) A kiejtett test még emelkedni fog mindaddig, míg sebessége 0 nem lesz. Így fennáll, hogy

$$t_{\text{emelk}} = \frac{v_0}{g} = \frac{5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,5 \text{ s, és}$$

$$h_{\text{emelk}} = \frac{v_0^2}{2 \cdot g} = \frac{25 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 1,25 \text{ m.}$$

A test  $t_{\text{esési}} = t_{\text{összes}} - t_{\text{emelk}} = 10 \text{ s}$  ideig esik.

$$\text{A test } H = \frac{g}{2} \cdot (t_{\text{esési}})^2 =$$

$$= \frac{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2} \cdot (10 \text{ s})^2 = 500 \text{ m}$$

magasságba jutott. Így a kidobáskori magasság:

$$h = H - h_{\text{emelk}} = 498,75 \text{ m. } 5 \text{ pont}$$

Másik megoldás: a függőleges hajítás egyenlete

$$s = v_0 t - \frac{g}{2} t^2 + h.$$

Amikor földet ér  $s = 0$ , amiből  $h$  meghatározható:

$$h = \frac{g}{2} t^2 - v_0 t = 498,75 \text{ m.}$$

b) A kidobáskori magasság fele:

$$\frac{h}{2} = \frac{498,75 \text{ m}}{2}.$$

Eddig a magasságig a test

$$s = H - \frac{h}{2} = 250,625 \text{ m}$$

hosszúságú úton esik. A sebessége az út végén:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot s} = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 250,625 \text{ m}} = 70,79 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

4 pont

c) A test sebessége a talajra való érkezéskor:

$$v_{\text{vég}} = \sqrt{2 \cdot g \cdot H} = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 500 \text{ m}} = 100 \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

vagy

$$v_{\text{vég}} = v_0 - gt = (5 - 10 \cdot 10,5) \frac{\text{m}}{\text{s}} = 100 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

2 pont

**3.** Egy állandó keresztmetszetű, egyenes henger alakú főzőpohárba 9,7 cm magasságig vizet töltünk. Tegyük a vízbe egy keményfából készült golyót! Ekkor a vízszint a főzőpohárban 11,6 cm magasán áll. Ezután egy nagyon vékony fémtű segítségével a golyót teljesen a víz felszíné alá nyomjuk. Most a főzőpohárbeli vízszint 12,2 cm magasságban áll be.

Mekkora a golyó sűrűsége?

(A víz sűrűsége  $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .)

**Adatok:**  $h = 9,7 \text{ cm}$ ,  $h_1 = 11,6 \text{ cm}$ ,  $h_2 = 12,2 \text{ cm}$ ,

$$\rho_{\text{víz}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

Legyen a pohár (állandó nagyságú) keresztmetszete  $A$ ! Ha a golyó a vízbe merül, akkor a golyó által kiszorított víz térfogata, azaz a test vízbe merülő részének térfogata  $V_{\text{be}} = A \cdot (h_1 - h)$ . Fennáll, hogy  $V_{\text{be}} \cdot \rho_{\text{víz}} \cdot g = V \cdot \rho \cdot g$ .

5 pont

Ha a golyó teljesen a vízbe merül, akkor a kiszorított víz térfogata a golyó térfogatát adja:

$$V = A \cdot (h_1 - h).$$

A két összefüggésből a golyó sűrűsége

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{V_{\text{be}} \cdot \rho_{\text{víz}}}{V} = \frac{A \cdot (h_1 - h)}{A \cdot (h_2 - h)} \cdot \rho_{\text{víz}} = \\ &= \frac{11,6 - 9,7}{12,2 - 9,7} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 760 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}. \end{aligned}$$

6 pont

**4.** Egy kisméretű, hasáb alakú testet húzunk vízszintes talajon. A test tömege  $m = 2 \text{ kg}$ . Ha a testet a talajjal párhuzamos erővel, egyenletesen húzzuk, akkor a mozgathoz szükséges erő nagysága 2 N.

a) Mekkora gyorsulással mozog a test, ha a testet egy, a vízszintessel  $30^\circ$ -os szöget bezáró, állandó nagyságú  $F = 5 \text{ N}$ -os erővel húzzuk?

$$(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$$

b) Mekkora munkát végez a súrlódási erő  $1,4 \text{ m}$  nagyságú úton az  $5 \text{ N}$ -os húzóerő esetén?

c) Mekkora munkát végez az  $1,4 \text{ m}$ -es elmozdulás során a testre ható gravitációs erő?

**Adatok:**  $m = 2 \text{ kg}$ ,  $F_1 = 2 \text{ N}$ ,  $\alpha = 30^\circ$ ,  $F = 5 \text{ N}$ ,  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $s = 1,4 \text{ m}$ .

a) Ha a test állandó sebességgel mozog, akkor a rá ható erők eredője zérus. A  $2 \text{ N}$ -os húzóerőt az  $F_s$  súrlódási erő egyenlíti ki. Mivel a nyomóerő nagysága

$$F_{ny} = mg = 2 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 20 \text{ N},$$

így a test és a talaj között a súrlódási együttható nagysága

$$\mu = \frac{F_s}{F_{ny}} = \frac{2 \text{ N}}{20 \text{ N}} = 0,1.$$

3 pont

Ha a húzóerő a talajjal  $\alpha$  szöget zár be, akkor a húzóerő vízszintes komponensének nagysága  $F_v = F \cdot \cos \alpha = 5 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ = 4,33 \text{ N}$ , a nyomóerő nagysága  $F'_{ny} = mg - F \cdot \sin \alpha = 20 \text{ N} - 5 \text{ N} \cdot \sin 30^\circ = 17,5 \text{ N}$ .

Így a most fellépő súrlódási erő nagysága  $F'_s = \mu \cdot F'_{ny} = 1,75 \text{ N}$ .

A test gyorsulása

$$a = \frac{F_v - F'_s}{m} = \frac{4,33 \text{ N} - 1,75 \text{ N}}{2 \text{ kg}} = 1,29 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

4 pont

b) A súrlódási erő munkája

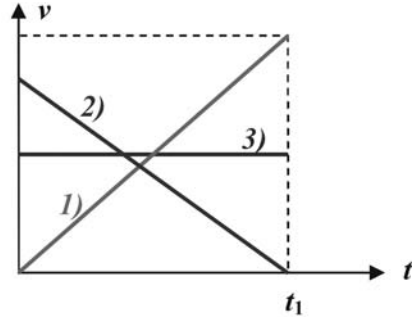
$$W = F'_s \cdot s = 1,75 \text{ N} \cdot 1,4 \text{ m} = 2,45 \text{ J}.$$

2 pont

c) A testre ható gravitációs erő nem végez munkát, mivel az elmozdulásra ez az erő merőleges.

2 pont

5. Három pontszerű test sebességét ábrázoltuk az idő függvényében. A **tesztalapon** add meg, hogy az egyes testek  $t_1$  idő alatt megtett útjainak ( $s_1$ ,  $s_2$ , illetve  $s_3$ ) nagyságára nézve melyik reláció igaz (I), melyik hamis (H)!



- A:  $s_1 = s_2 = s_3$  **H** 1 pont
- B:  $s_1 = s_3 > s_2$  **I** 1 pont
- C:  $s_1 < s_2 < s_3$  **H** 1 pont
- D:  $s_1 = s_2 < s_3$  **H** 1 pont

6. A tesztalapon add meg, melyik állítás igaz (I), melyik hamis (H)!

A: A függőlegesen lefelé történő hajítás gyorsulása megegyezik a nehézségi gyorsulás értékével. **I**

1 pont

B: A függőlegesen felfelé történő hajítás gyorsulása függőlegesen lefelé mutat. **I**

1 pont

C: A ferde hajítás gyorsulásának iránya a kezdősebesség irányával egyezik meg. **H**

1 pont

D: A nehézségi gyorsulás értéke függ a földrajzi helytől is. **I**

1 pont

7. A tesztalapon add meg, melyik állítás igaz (I), melyik hamis (H)!

A: A test lendülete vektormennyiség. **I**

1 pont

B: A lendület egy lehetséges mértékegysége:  $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}$ . **I**

1 pont

C: A lendület-megmaradás törvénye mechanikailag zárt rendszerre nem érvényes. **H**

1 pont

D: A lendület a test tömegének és sebességének szorzatával értelmezett fizikai mennyiség. **I**

1 pont

**8. A tesztlapon** add meg, melyik kijelentés igaz (I), melyik hamis (H)!

A: A dinamika alaptörvénye szerint két test kölcsönhatásakor, ha az egyik test hat a másik testre, akkor a másik test is hat az elsőre. **H**

1 pont

B: Newton I. törvénye a tehetetlenség törvénye. **I**

1 pont

C: Az erőhatások függetlenségének elve kimondja, hogy amennyiben egy testet egyszerre több erőhatás is ér, akkor ezek az erőhatások egymás hatásait nem befolyásolják. **I**

1 pont

D: Ha a testre ható erők eredője zérus, akkor a test gyorsulása is zérus. **I**

1 pont

**10. osztály: Hőtan**

1. 3,5 g tömegű ideális gáz hőmérséklete a C állapotban 127 °C. Táblázatba foglaltuk a gáz öt állapotában a gáz nyomását és a hozzá tartozó térfogatát.

Az állapot jele	A	B	C	D	E
V (liter)	9,7	29,15	193,9	581,6	969,7
p (10 <sup>3</sup> Pa)	600	200	30	10	6

a) Milyen gázzól lehet szó?

b) Ábrázold a gáz nyomását a térfogat függvényében!

c) A grafikon alapján milyen állapotváltozást valószínűsíthetsz? Igazold állításodat számítással vagy grafikusán!

d) Mennyi a gáz belső energiájának változása, miközben a gáz az A állapotból az E állapotba jut?

e) Becsüld meg, hogy mekkora munkát végez a gáz, miközben az a D állapotból az E állapotba jut?

**Adatok:**  $m=3,5\text{ g} = 3,5 \cdot 10^{-3}\text{ kg}$ ,  $T_1=127\text{ °C} = 400\text{ K}$ ,  $V_A = 9,7 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3$ ,  $p_A = 6 \cdot 10^5\text{ Pa}$ .

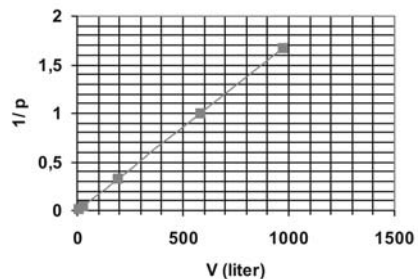
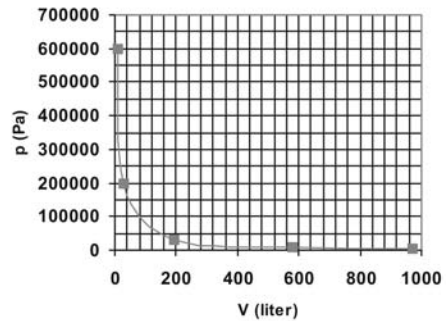
V (liter)	9,7	29,15	193,9	581,6	969,7
p (10 <sup>3</sup> Pa)	600	200	30	10	6
p · V (J)	5820	5830	5817	5816	5818,2
1/p (Pa <sup>-1</sup> )	1,667 · 10 <sup>-6</sup>	5 · 10 <sup>-6</sup>	3,33 · 10 <sup>-5</sup>	1 · 10 <sup>-4</sup>	1,667 · 10 <sup>-4</sup>
1/p (10 <sup>4</sup> Pa <sup>-1</sup> )	0,01667	0,05	0,333	1	1,667

a) A kiindulási állapotra felírt gáztörvény alapján

$$M = \frac{m \cdot R \cdot T_1}{p_A \cdot V_A} = \frac{3,5 \cdot 10^{-3}\text{ kg} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 400\text{ K}}{6 \cdot 10^5\text{ Pa} \cdot 9,7 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3} = 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$$

ami arra utal, hogy hidrogéngázzól (H<sub>2</sub>) lehet szó. **2 pont**

b) A táblázat adataiból elkészített grafikon:



**2 pont**

c) Ha a térfogat függvényében ábrázoljuk a nyomás reciprokát, egyenest kapunk. Ez azt jelenti, hogy a térfogatnak és a nyomás reciprokának a hányadosa állandó:

$$\frac{V}{\frac{1}{p}} = V \cdot p = \text{állandó.}$$

Ebből következik, hogy izoterm állapotváltozásról van szó (Boyle-Mariotte-törvény). Vagy másként: a táblázatban feltüntetett  $p \cdot V$  szorzatok közel ugyanazt az értéket adják, azaz  $p \cdot V = \text{állandó}$ .

3 pont

d) A belsőenergia megváltozása 0, mivel a folyamat izotermikus.

1 pont

e) A  $p - V$  diagramon a  $D$  és az  $E$  állapot közti átmenethez tartozó grafikon, görbe alatti terület adja a kért munkát. A görbét egyenessel közelítve, a terület egy trapéz területe. A végzett munka

$$\begin{aligned} W_{DE} &\approx \frac{p_D + p_E}{2} \cdot (V_E - V_D) = \\ &= \frac{10^4 + 6 \cdot 10^3}{2} \text{ Pa} \cdot (969,7 - 581,6) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = \\ &= 3104,8 \text{ J.} \end{aligned}$$

3 pont

(A pontos formulával kapott érték:

$$W_{DE} = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{V_E}{V_D} = 2973,75 \text{ J.})$$

2. Egy ember fát fűrész. A fűrész 75 N nagyságú erővel húzza. A fűrész egyszeri elmozdulásának nagysága 35 cm.

a) Mekkora munkát végez az ember 30 darab farönk elfűrészélése során, ha egy-egy farönköt 120 húzással tud elválni?

b) Mekkora hőmérsékletű volt kezdetben az a 0,5 l térfogatú, végállapotában 60°C hőmérsékletű víz, ha annak belső energiája annyival növekedett, mint amekkora az ember munkavégzése volt a fűrészelés során?

(A víz fajhője  $4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ .)

**Adatok:**  $F = 75 \text{ N}$ ,  $s = 0,35 \text{ m}$ ,  $n = 30$ ,  
 $Z = 120$ ,  $V = 0,5 \text{ l}$ ,  $T_2 = 60^\circ \text{C}$ ,  $c_{\text{víz}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ .

a) Az ember munkája  $W = F \cdot s \cdot n \cdot Z = 75 \text{ N} \cdot 0,35 \text{ m} \cdot 30 \cdot 120 = 94500 \text{ J}$ .

5 pont

b) A víz hőmérsékletének változása

$$\Delta T = \frac{W}{c_{\text{víz}} \cdot m} = \frac{94500 \text{ J}}{4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,5 \text{ kg}}$$

$$= 45 \text{ K} = 45^\circ \text{C}.$$

A víz kezdeti hőmérséklete:

$$T_1 = T_2 - \Delta T = 15^\circ \text{C}.$$

6 pont

3. Előfordul, hogy a tengeráramlatok az Északi-sark felől nagy jéghegyeket hoznak magukkal délre. Legyen egy ilyen jéghegy 120 km hosszú, 35 km széles, 230 m vastag, hőmérséklete 0°C.

a) Mennyi hó szükséges ennek a jéghegynek a megolvasztásához? A jég sűrűsége  $917 \text{ kg/m}^3$ .

b) Magyarország villamos energiatermelése 2011-ben 36,266 GWh volt. Ha minden évben ezt az energiát teljesen a jéghegy olvasztására fordítanánk, hány év alatt olvadna föl a jéghegy?

**Adatok:**  $a = 120 \text{ km}$ ,  $b = 35 \text{ km}$ ,  $c = 230 \text{ m}$ ,  
 $\rho = 917 \text{ kg/m}^3$ ,  $L_o = 333,7 \text{ kJ/kg}$ ,  $E_{M_o} = 36,266 \text{ GWh}$ .

a) A jéghegy térfogata:  $V = a \cdot b \cdot c = (120 \cdot 10^3 \text{ m}) \cdot (35 \cdot 10^3 \text{ m}) \cdot 230 \text{ m} = 9,66 \cdot 10^{11} \text{ m}^3$ , amiből a jéghegy tömege:  $m = \rho \cdot V = 917 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,66 \cdot 10^{11} \text{ m}^3 = 8,83 \cdot 10^{14} \text{ kg}$ .

A megolvasztásához szükséges energia:

$$E_o = L_o \cdot m = 333,7 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot 8,83 \cdot 10^{14} \text{ kg} = 2,96 \cdot 10^{20} \text{ J}.$$

6 pont

b) A magyar villamos energiatermelés teljesítménye:

$$P = \frac{E_{\text{Mo}}}{1 \text{ év}} = \frac{36,266 \cdot 10^9 \text{ Wh}}{365 \cdot 24 \text{ h}} = 4,24 \cdot 10^6 \text{ W.}$$

Ez a teljesítmény áll rendelkezésünkre a jég megolvasztásához, amely  $E_o$  energiát igényel, tehát a szükséges idő:

$$\Delta t = \frac{E_o}{P} = \frac{2,96 \cdot 10^{20} \text{ J}}{4,24 \cdot 10^6 \text{ W}} = 6,964 \cdot 10^{13} \text{ s} = 2,21 \cdot 10^6 \text{ év.}$$

5 pont

4. Egy hengeres edényben, amely  $2 \text{ dm}^2$  alapterületű,  $10 \text{ cm}$  magasan  $100^\circ\text{C}$  hőmérsékletű víz van. A víz tetején a felszínnel érintkező, könnyen elmozduló és súlytalan dugattyú van. A vizet forralni kezdjük.

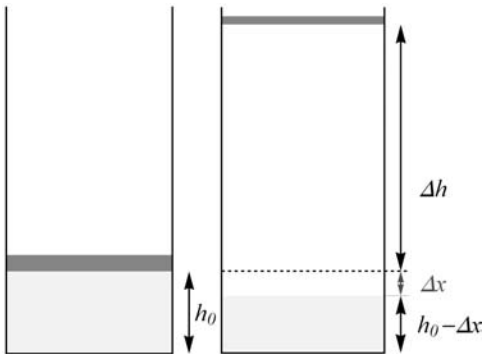
a) Mennyi víz forrt el, ha a dugattyú  $30 \text{ cm}$ -t emelkedett?

b) Mennyi hőt vett fel a rendszer?  
(A víz sűrűsége  $100^\circ\text{C}$ -on  $958 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ,

a vízgőz sűrűsége  $0,958 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ )

**Adatok:**  $A = 2 \text{ dm}^2$ ,  $h_0 = 10 \text{ cm}$ ,  $\Delta h = 30 \text{ cm}$ ,  
 $T = 100^\circ\text{C} = 373 \text{ K}$ ,

$$L_f = 2256,37 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, M_{\text{víz}} = 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}.$$



a) A dugattyú súlytalan, így a belső nyomás megegyezik a külső légnyomással:  $p = 10^5 \text{ Pa}$ .

$V_f = A \cdot \Delta x$  térfogatú víz forrt el. Így a hengerben lévő vízgőz tömege:  $m = \rho \cdot A \cdot \Delta x$ .

Ez  $V = A \cdot (h_0 - \Delta x)$  térfogatban oszlik el. (Itt feltételeztük, hogy a víz sűrűsége nem sokat változik a hőmérséklettel és  $100^\circ\text{C}$ -on is  $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ -rel számolunk a későbbiekben.)

Az állapotegyenletet felírva a végső állapotra

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T.$$

Ebbe behelyettesítve az alábbi egyenletet kapjuk az ismeretlen  $\Delta x$ -re:

$$p \cdot A \cdot (h_0 + \Delta x) = \frac{\rho \cdot A \cdot \Delta x}{M} \cdot R \cdot T.$$

Ezt rendezve kapjuk, hogy  $(30 \text{ cm} + \Delta x) = 1722 \cdot \Delta x$ , azaz  $\Delta x = 0,0174 \text{ cm}$ .

6 pont

Tehát az elfortt víz mennyisége:

$$m = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 2 \text{ m}^2 \cdot 10^{-2} \cdot 0,0174 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 3,49 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 3,49 \text{ g.}$$

2 pont

Megjegyzés: Ha felhasználjuk a víz és vízgőz sűrűségének pontos adatait

$$(\rho_v = 958 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \rho_g = 0,598 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}),$$

akkor a megoldás a következő:

A víz kezdeti tömege  $m_0 = A \cdot h_0 \cdot \rho_v$ , a vízgőz térfogata a folyamat végén  $V_g = A \cdot (\Delta x + \Delta h)$ , a víz térfogata  $V_v = A \cdot (h_0 - \Delta x)$ . A tömeg nem változott:  $A \cdot h_0 \cdot \rho_v = A \cdot (\Delta x + \Delta h) \cdot \rho_g + A \cdot (h_0 - \Delta x) \cdot \rho_v$ , ebből

$$\Delta x = \Delta h \frac{\rho_g}{\rho_v - \rho_g} = 0,0187 \text{ cm,}$$

gyakorlatilag elhanyagolható a  $30 \text{ cm}$ -hez képest.

Így az elfortt víz mennyisége

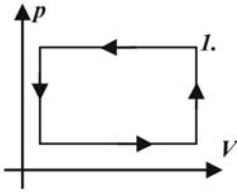
$$m \approx A \cdot \Delta h \cdot \rho_g = 3,6 \text{ g.}$$

b)  $Q = L_f \cdot m = 7,87 \text{ kJ}$ .

3 pont

5. A grafikonon egy állandó tömegű ideális gáz körfolyamatát ábrázoltuk. Az 1. állapot a kiin-

duló állapot. A **tesztlapon** add meg, hogy melyik állítás igaz (I), melyik hamis (H)!



A: A körfolyamat végén van hasznosítható munka. **H**

1 pont

B: A körfolyamat során a felvett hő kisebb, mint a leadott hő. **H**

1 pont

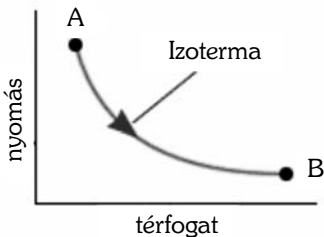
C: A körfolyamat két izochor és két izoterm folyamatból tevődik össze. **I**

1 pont

D: A körfolyamat során a gáz belső energiájának megváltozása pozitív. **H**

1 pont

**6.** Egyatomos ideális gáz az ábra szerint izotermikusan tágul. A tesztlapon add meg, hogy melyik állítás igaz (I), melyik hamis (H)!



A: A gáz nem végez munkát. **H**

1 pont

B: A folyamatban nincs sem hőleadás, sem hőfelvétel. **H**

1 pont

C: Az I. főtétel az izotermikus folyamatra nem alkalmazható. **H**

1 pont

D: A gáz belső energiája nem változik. **I**

1 pont

**7.** Egyatomos ideális gáz dugattyúval ellátott, teljesen hőszigetelt tartályban van. Lehetséges-e, hogy a gáz hőmérséklete emelkedik? A tesztlapon add meg, hogy melyik állítás igaz (I), melyik hamis (H)!

A: Igen, ha a gáz munkát végez. **H**

1 pont

B: Nem. A hőmérséklet csak hő felvételével növelhető. **H**

1 pont

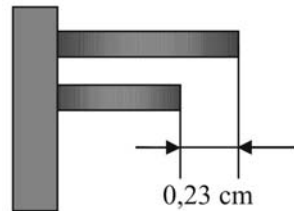
C: Igen, ha a gázon munkát végzünk. **I**

1 pont

D: Nem, hisz ilyen körülmények között a gáz hőmérséklete soha nem emelkedik meg. **H**

1 pont

**8.** Az ábra két rézrudat  $[\alpha = 17 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}]$  mutat, melyek egyik végükkel falhoz vannak erősítve. A rudak végének különbsége  $26^\circ\text{C}$ -on  $0,23\text{ cm}$ . Hogyan változik a különbség nagysága, ha mindkét rúd  $77^\circ\text{C}$ -os? A **tesztlapon** add meg, hogy melyik állítás igaz (I), melyik hamis (H)!



A: Nincs változás, a különbség  $0,23\text{ cm}$  marad. **H**

1 pont

B:  $-1,4 \cdot 10^{-4}\text{ cm}$  (csökken) **H**

1 pont

C:  $2 \cdot 10^{-4}\text{ cm}$  (növekszik) **I**

1 pont

D:  $3 \cdot 10^{-4}\text{ cm}$  (növekszik) **H**

1 pont

Megjegyzés. A helyes válasz indoklása számítással:  
Adatok:  $\Delta x = 0,23\text{ cm}$ ,  $\alpha = 17 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ ,  $\Delta t = 77 - 26 = 51^\circ\text{C}$

$l_1 = l_{1,0}(1 + \alpha \cdot \Delta t)$ ,  $l_2 = l_{2,0}(1 + \alpha \cdot \Delta t)$  és  $\Delta x = l_{1,0} - l_{2,0}$ .

A kérdés az  $l_1 - l_2$  különbség:

$$l_1 - l_2 = \Delta x (1 + \alpha \cdot \Delta t) = 2 \cdot 10^{-4} \text{ cm.}$$

### 11. osztály, Elektromosság

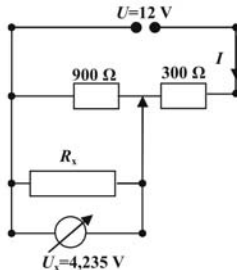
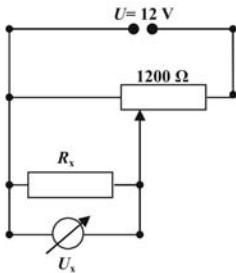
1. Az 1200 ohmos tolóellenállást feszültségosztóként alkalmazzuk. A tolóellenállás két kivezetésére 12 V nagyságú feszültségforrást kötünk. A tolóellenállás baloldali csatlakozója és a csúszka közé egy  $R_x$  ellenállást kötünk. Egy ideális feszültségmérővel mérjük az ezen ellenálláson eső  $U_x$  feszültséget. Táblázatba foglaltuk a tolóellenállás baloldali vége és a csúszka közötti  $R_{be}$  ellenállásrész értékének függvényében az  $R_x$  ellenálláson eső  $U_x$  feszültséget.

$R_{be} (\Omega)$	100	300	500	700	900	1100
$U_x (V)$	0,686	1,412	2,034	2,847	4,235	7,543

- a) Készítsd el a kapcsolási rajzt!
- b) Ábrázold a táblázatbeli értékpárokat egy koordináta-rendszerben!
- c) Határozd meg az  $R_x$  ellenállás értékét!
- d) Mekkora feszültséget mutat a feszültségmérő, ha  $R_{be} = 600 \Omega$ ?

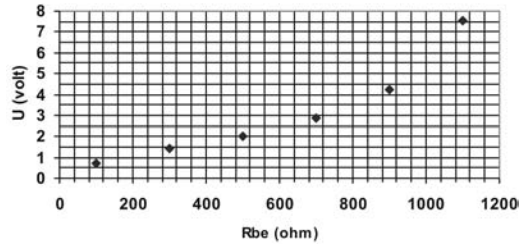
**Adatok:**  $R = 1200 \Omega$ ,  $U = 12 V$ .

a) A kapcsolási rajz:



1 pont

b) A grafikon:



2 pont

c) Vegyünk a táblázatból egy összetartozó értékpárt:

$$R_{be} = \frac{3}{4} \cdot R = 900 \Omega, U_x = 4,235 V.$$

A jobb oldali ábra alapján felírható, hogy

$$\begin{aligned} U - U_x &= I \cdot 300 \Omega = \frac{U}{R_{eredő}} \cdot 300 \Omega = \\ &= \frac{12 V}{\frac{1}{\frac{1}{900 \Omega} + \frac{1}{R_x}} + 300 \Omega} \cdot 300 \Omega. \end{aligned}$$

$$12 V - 4,235 V = \frac{12 V}{\frac{900 \Omega \cdot R_x}{900 \Omega + R_x} + 300 \Omega} \cdot 300 \Omega.$$

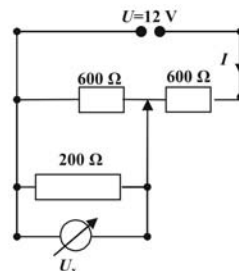
$$\frac{900 \Omega \cdot R_x}{900 \Omega + R_x} + 300 \Omega = 463,62 \Omega.$$

$$900 \Omega \cdot R_x + 270000 \Omega^2 + 300 \Omega \cdot R_x = 463,62 \Omega \cdot R_x + 417258 \Omega^2.$$

$$736,38 \Omega \cdot R_x = 147258 \Omega^2, \text{ innen } R_x = 199,98 \Omega \approx 200 \Omega.$$

5 pont

d)



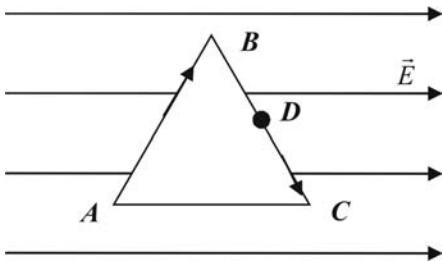
$$\begin{aligned}
 U - U_x &= I \cdot 600 \, \Omega = \frac{U}{R_{\text{eredő}}} \cdot 600 \, \Omega = \\
 &= \frac{12 \, \text{V}}{\frac{1}{\frac{1}{600 \, \Omega} + \frac{1}{200 \, \Omega}}} \cdot 600 \, \Omega = \\
 &= \frac{12 \, \text{V}}{\frac{600 \, \Omega}{4} + 600 \, \Omega} \cdot 600 \, \Omega = 9,6 \, \text{V}
 \end{aligned}$$

A keresett feszültség:  $U_x = 12 \, \text{V} - 9,6 \, \text{V} = 2,4 \, \text{V}$ .

3 pont

Megjegyzés: A keresett feszültséget a grafikonról is leolvashatjuk.

2. Homogén elektromos mezőben egy elhanyagolható tömegű,  $50 \, \mu\text{C}$  nagyságú pozitív töltés  $0,06 \, \text{J}$  munka árán jut el egy  $6 \, \text{cm}$  oldalhosszúságú, egyenlő oldalú háromszög  $AB$ ,  $BC$  oldalai mentén  $A$ -ból  $C$ -be. (Az  $AC$  oldal párhuzamos a télerősség-vonalakkal.)



- a) Mekkora a mező télerősségének nagysága?
- b) Mekkora a  $C$  pont potenciálja az  $A$  pontéhoz képest?
- c) Mekkora munka árán jut el a töltés az  $A$  pontból az  $ABD$  úton a  $BC$  oldal  $D$  felezőpontjába?

**Adatok:**  $Q = 50 \, \mu\text{C} = 50 \cdot 10^{-6} \, \text{C}$ ,  $W_{ABC} = 0,06 \, \text{J}$ ,  $a = 6 \, \text{cm} = 0,06 \, \text{m}$ .

a) Az elektrosztatikus mező konzervatív, azaz az  $ABC$  úton végzett munka megegyezik az  $AC$  úton végzett munkával. Így a télerősség nagysága

$$E = \frac{F}{Q} = \frac{\frac{W_{AC}}{a}}{Q} = \frac{W_{AC}}{a \cdot Q} =$$

$$= \frac{0,06 \, \text{J}}{0,06 \, \text{m} \cdot 50 \cdot 10^{-6} \, \text{C}} = 2 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}.$$

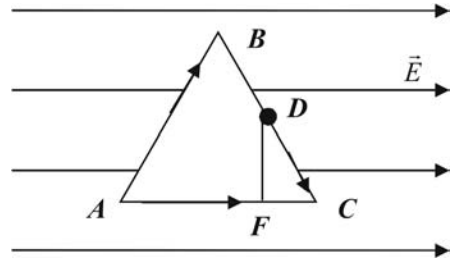
4 pont

b)  $A$   $C$  pont potenciáljának értéke

$$U_C = E \cdot a = 2 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}} \cdot 0,06 \, \text{m} = 1200 \, \text{V}.$$

2 pont

c)



A konzervativitás miatt az  $ABD$  úton végzett munka megegyezik az  $AF$  úton végzett munkával. Az  $AF$  szakasz hossza

$$AF = AC - FC = a - \frac{a}{2} \cdot \cos 60^\circ =$$

$$6 \, \text{cm} - 3 \, \text{cm} \cdot 0,5 = 4,5 \, \text{cm} = 0,045 \, \text{m}.$$

A végzett munka:  $W_{ABD} = W_{AF} = E \cdot Q \cdot AF =$

$$2 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}} \cdot 50 \cdot 10^{-6} \, \text{C} \cdot 0,045 \, \text{m} = 0,045 \, \text{J}.$$

5 pont

3. Nagy kiterjedésű, függőleges helyzetű vezetősíklapok egymástól  $30 \, \text{cm}$  távolságra vannak. A lapok között  $10 \, \text{cm}$  hosszú fonálon  $1 \, \text{g}$  tömegű, töltött test függ. A síklapok között a feszültség  $6000 \, \text{V}$ , a kis test töltése  $5 \cdot 10^{-7} \, \text{C}$ . A lapokra merőleges pályasíklapban a kis testet körmozgásba hozzuk. A legalsó helyzetben a test sebessége

$$5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot (g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$$

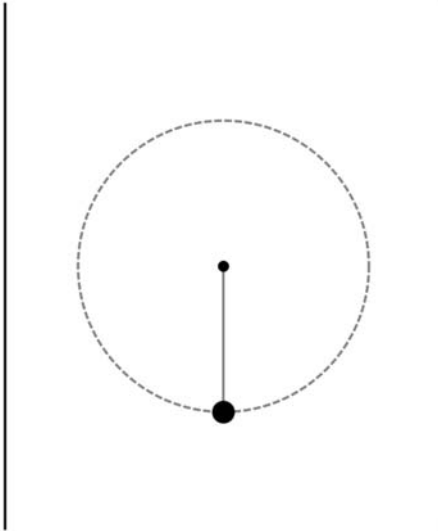
- a) Mekkora a test sebessége a legfelső helyzetben?
- b) Mekkora a test maximális sebessége?
- c) Mekkora a test minimális sebessége?
- d) Mekkora a fonálban ébredő erő a minimális sebesség helyzetében?



**Adatok:**  $d = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$ ,  $l = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$ ,  
 $m = 1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}$ ,  $U = 6000 \text{ V}$ ,  $Q = 5 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ ,  
 $v_L = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

a) Az alsó és a felső helyzetben a homogén elektromos mező potenciális energijáruléka ugyanaz, így az energiamegmaradást kihasználva fennáll:

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_L^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_F^2 + m \cdot g \cdot (2 \cdot l)$$



Amből a keresett sebességre adódik:

$$v_F = \sqrt{v_L^2 - 2 \cdot g \cdot (2 \cdot l)} = \sqrt{25 - 4 \cdot 10 \cdot 0,1} = \sqrt{21} = 4,58 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

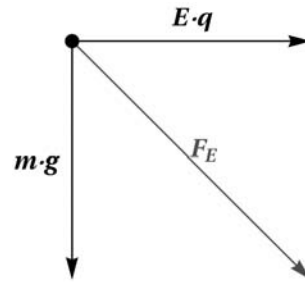
2 pont

b) A homogén mező elektromos térerőssége:

$$E = \frac{U}{d} = 2 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

A körmozgást végző tömegpont a két konstans erő eredőjeként létrejövő állandó erőhöz tartozó potenciálban mozog.

$m \cdot g = 10^{-2} \text{ N}$ , miközben a homogén elektromos mező által kifejtett erő szintén  $E \cdot Q = 10^{-2} \text{ N}$ -nak adódik. Így az eredő erő nagysága  $F_E = \sqrt{2} \cdot 10^{-2} \text{ N}$ , és  $45^\circ$ -ban lefelé mutat.



Tehát a vízszinteshez képest  $45^\circ$ -ban lesz az eredő potenciális energiának minimuma, illetve maximuma, és ennek megfelelően lesz a sebesség minimális, illetve maximális. (lásd ábra)

$E_{\text{pot}} = F_E \cdot x$ , ahol az  $x$  távolságot az ábrán  $v_{\text{max}}$ -szal jelölt ponttól számítjuk.

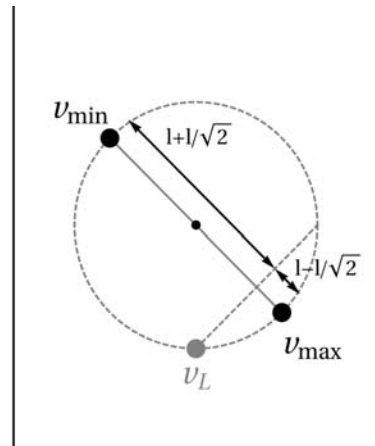
Így az energiamegmaradásból:

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_L^2 + F_E \cdot (l - l \cdot \sqrt{2}) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{max}}^2$$

Ebből

$$v_{\text{max}} = \sqrt{v_L^2 + 2 \cdot \frac{F_E}{m} \cdot l \cdot (1 - \sqrt{2})} = 5,08 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

4 pont



c) Az előzőek alapján az energiamegmaradásból:

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_L^2 + F_E \cdot (l + l \cdot \sqrt{2}) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{min}}^2$$

Ebből:

$$v_{\text{min}} = \sqrt{v_L^2 + 2 \cdot \frac{F_E}{m} \cdot l \cdot (1 + \sqrt{2})} = 4,49 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

3 pont

d) A dinamika alap egyenlete szerint

$$K + F_E = \frac{v_{\min}^2}{l} \cdot m.$$

$$\text{Így } K = \frac{v_{\min}^2}{l} \cdot m - F_E = 0,19 \text{ N.}$$

2 pont

4. Egy autóakkumulátort töltés céljából 13 V elektromotoros erejű és 0,09  $\Omega$  belső ellenállású töltőre kapcsolunk. Az akkumulátor belső ellenállása 0,01  $\Omega$ , elektromotoros ereje 12 V.

a) Mekkora a töltőáram?

b) Mennyi a töltő által leadott teljesítmény?

c) Mekkora az akkumulátor töltésére fordított teljesítmény?

**Adatok:**  $U_1 = 13 \text{ V}$ ,  $R_1 = 0,09 \Omega$ ,  $U_2 = 12 \text{ V}$ ,  $R_2 = 0,01 \Omega$ .

a) A hurok törvény alapján az  $U_1$  töltő feszültségéből  $(R_1 + R_2) \cdot I$  esik a belső ellenállásokon, így marad  $U_2$  az akkumulátor töltésére:  $(R_1 + R_2) \cdot I = U_1 - U_2$

$$\text{Amiből } I = \frac{1 \text{ V}}{0,1 \Omega} = 10 \text{ A.}$$

5 pont

b) A töltő által leadott teljesítmény:  $P_1 = U_1 \cdot I = 130 \text{ W}$ .

3 pont

c) Az akkumulátor töltésére fordított teljesítmény:  $P_2 = U_2 \cdot I = 120 \text{ W}$ .

3 pont

5. Az  $R_1 = 200 \Omega$ -os, az  $R_2 = 500 \Omega$ -os és az  $R_3$  ellenállásokat sorosan kapcsoljuk. A három ellenállás eredő ellenállásának értéke 800  $\Omega$ . Mekkora ellenállást kell az  $R_3$  ellenállással párhuzamosan kapcsolni, hogy a négy ellenállás eredője 750  $\Omega$  legyen? A **tesztlapon** add meg, melyik válasz igaz (I), melyik hamis (H)!

A: 200  $\Omega$ -os ellenállást. **H**

1 pont

B: 100  $\Omega$ -os ellenállást. **I**

1 pont

C: 500  $\Omega$ -os ellenállást. **H**

1 pont

D: 50  $\Omega$ -os ellenállást. **H**

1 pont

6. Egy 20  $\Omega$  belső ellenállású, állandó üresjárású feszültségű telepre 180  $\Omega$  nagyságú külső ellenállást kapcsolunk. Hogyan változik meg a telep kapocsfeszültségének nagysága, ha a külső ellenállást 380  $\Omega$  nagyságúra cseréljük ki? A **tesztlapon** add meg, melyik válasz igaz (I), melyik hamis (H)!

A: A kapocsfeszültség kétszeresére növekszik. **H**

1 pont

B: A kapocsfeszültség felére csökken. **H**

1 pont

C: A kapocsfeszültség nem változik. **H**

1 pont

D: A kapocsfeszültség az eredeti érték  $\frac{19}{18}$ -szorosára növekszik. **I**

1 pont

7. Egy 40  $\Omega$  belső ellenállású, állandó nagyságú, üresjárású feszültségű telepre külső ellenállást kapcsolunk. A **tesztlapon** add meg, melyik válasz igaz (I), melyik hamis (H)!

A: A hasznos teljesítmény 1,5-szörösére növekszik, ha a 10  $\Omega$ -os külső ellenállást 160  $\Omega$  nagyságúra cseréljük ki. **H**

1 pont

B: A legnagyobb hasznos teljesítményt 40  $\Omega$  nagyságú külső ellenállás mellett nyerjük. **I**

1 pont

C: A 10  $\Omega$  és a 160  $\Omega$  nagyságú külső ellenállások esetén a hasznos teljesítmény ugyanakkora. **I**

1 pont

D: A külső ellenállás értékét fokozatosan növeljük meg 40  $\Omega$ -ról egészen 2000  $\Omega$ -ig. Azt tapasztaljuk, hogy a hasznos teljesítmény monoton csökken. **I**

1 pont

8. Félvezetőkre nézve fogalmaztunk meg állításokat. A tesztlapon add meg, hogy melyik állítás igaz (I), melyik hamis (H)!

A: A tiszta félvezetőkben létrejövő töltéstranszportot saját vezetésnek nevezik. **I**

1 pont

B: A félvezető anyagok elektromos ellenállásának csökkentése megvilágítással elérhető. **I**

1 pont

C: A termisztor olyan félvezető elektromos alkatrész, amelynek ellenállása a hőmérséklet növelésével exponenciálisan növekszik. **H**

1 pont

D: A félvezető dióda a váltakozó áram egyenirányítására is használható. **I**

1 pont

## 12. osztály

1. Transzmissziós (diffrakciós) optikai rács rácsállandóját akarjuk meghatározni egy méréssorozat alapján. Egy 668,9 nm hullámhosszúságú fényt kibocsátó diódalézerrel világítjuk meg a rácsot. Az elhajlási képet a ráctól  $L$  távolságra elhelyezett ernyőn fogjuk fel. Mérjük a direkt sugár fényfoltjától jobbra, illetve balra létrejövő első elhajlási maximumok  $y$  távolságát. A táblázatban feltüntettük az összetartozó  $L$  és  $y$  értékpárokat.

a) Mekkora adódik a méréssorozat alapján a rács rácsállandója?

$L$ (cm)	20	25	30	35	40	45	50
$y$ (cm)	5,39	6,74	8,11	9,46	10,78	12,16	13,51

b) Hány karcolat (vonal) található milliméterenként a rácson?

c) Mekkora a távolság az ernyőn a direkt sugár fényfoltja és a jobbra létrejövő első elhajlási maximum között 60 cm-es ernyő-rács távolság esetén?

**Adatok:**  $\lambda = 668,9 \text{ nm} = 668,9 \cdot 10^{-9} \text{ m}$

$L$ (cm)	20	25	30
$y$ (cm)	5,39	6,74	8,11
$x$ (cm)	2,695	3,37	4,055
$d$ (nm)	5008,9	5007,1	4993,7
$n = \frac{1}{d} \left( \frac{\text{vonal}}{\text{mm}} \right)$	199,6	199,7	200,3

35	40	45	50
9,46	10,78	12,16	13,51
4,73	5,39	6,08	6,755
4994,6	5008,9	4995,7	4996,1
200,2	199,6	200,2	200,1

a) Legyen  $x$  az a távolság az ernyőn, amely a direkt sugár fényfoltja és a jobbra létrejövő első elhajlási maximum között mérhető. Az egyes rács-ernyő távolságok esetén mért  $x$  értékeket a táblázatban tüntettük fel.

Az első erősítési helyre nézve fennáll, hogy

$$d \cdot \sin \alpha = 1 \cdot \lambda, \text{ illetve } \operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{L}.$$

E két összefüggésből a  $d$  rácsállandó meghatározható. A számított értékeket ugyancsak a táblázatban tüntettük fel. Az egyes adatokból képzett átlagérték alapján a rács rácsállandója  $d = 5000,7 \text{ nm} \approx 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ .

6 pont

b) A karcolatok száma milliméterenként az egyes adatokból képzett átlagérték alapján

$$n = 199,6 \frac{\text{vonal}}{\text{mm}},$$

vagy  $d$  átlagértékének felhasználásával:

$$\begin{aligned} \frac{1}{d} &= \frac{1}{5 \cdot 10^{-6} \text{ m}} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-3} \text{ mm}} = \\ &= 200 \frac{1}{\text{mm}} = 200 \frac{\text{vonal}}{\text{mm}}. \end{aligned}$$

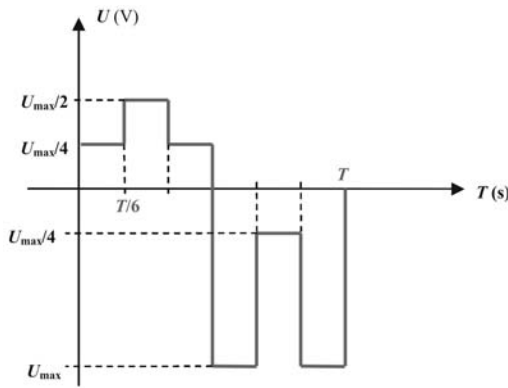
2 pont

$$c) \sin \alpha = \frac{1 \cdot \lambda}{d} = \frac{668,9 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{5 \cdot 10^{-6} \text{ m}} = 0,13378,$$

$\alpha = 7,6881^\circ$ . Így 60 cm-es ernyő-rács távolság-hoz tartozó keresett  $x$  távolság  $x = L \cdot \operatorname{tg} \alpha = 60 \text{ cm} \cdot \operatorname{tg} 7,6881^\circ = 8,0996 \text{ cm} \approx 8,1 \text{ cm}$ .

3 pont

2. Az alábbi ábra egy speciális alakú, váltakozó feszültség időbeli lefolyását mutatja. Ezt a váltakozó feszültséget egy  $200 \Omega$ -os ellenállásra kapcsoljuk. Határozd meg az ellenálláson 48 perc alatt termelődött hő nagyságát! A feszültség maximális értéke  $230 \text{ V}$ , a periódusidő  $0,018 \text{ s}$  (csak az első teljes periódust tüntettük fel az ábrán).



**Adatok:**  $R = 200 \Omega$ ,  $t = 48 \text{ min} = 2880 \text{ s}$ ,  $U_{\max} = 230 \text{ V}$ ,  $T = 0,018 \text{ s}$ .

Az effektív feszültség négyzetére nézve fennáll

$$U_{\text{eff}}^2 = \frac{1}{T} \cdot \left\{ \frac{T}{6} \cdot \left( \frac{U^2}{16} \cdot 3 + \frac{U^2}{4} + U^2 \cdot 2 \right) \right\} = \frac{1}{6} \cdot \left( \frac{U^2}{16} \cdot 3 + \frac{U^2}{16} \cdot 4 + \frac{U^2}{16} \cdot 32 \right) = \frac{1}{6} \cdot \frac{U^2}{16} \cdot 39 = \frac{13 \cdot U^2}{32}$$

5 pont

$$U_{\text{eff}}^2 = \frac{13}{32} \cdot U_{\max}^2, U_{\text{eff}} = U_{\max} \cdot \sqrt{\frac{13}{32}} =$$

$$230 \text{ V} \cdot \sqrt{\frac{13}{32}} = 230 \text{ V} \cdot 0,6374 = 146,597 \text{ V}$$

3 pont

A termelődött hő

$$Q = W = \frac{U_{\text{eff}}^2}{R} \cdot t = \frac{21490,68 \text{ V}^2}{200 \Omega} \cdot 2880 \text{ s} = 30825,792 \text{ J} = 30,83 \text{ kJ}$$

3 pont

3. Kör keresztmetszetű hengeres vasmagot egy kör alakú vezetőkeret vesz körül, amelynek átmérője csak igen kevéssel nagyobb a vasmag átmérőjénél. A vezetőkeret  $0,3 \text{ mm}$  sugarú,  $1,75 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$  fajlagos ellenállású huzalból készült. A vezetőkeret átmérője  $15 \text{ cm}$ . A vasmagban a fluxus egyenletesen változik. A vezetőben  $10 \text{ A}$  erősségű áram keletkezik.

a) Hány wéber a mágneses fluxus megváltozása  $5$  másodperc alatt?

b) Mennyi hő fejlődik a keretben  $0,15$  perc alatt?

**Adatok:**  $r = 0,3 \text{ mm} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ ,  $d = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$ ,  $I = 10 \text{ A}$ ,  $\rho = 1,75 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$ ,  $\Delta t_a = 5 \text{ s}$ ,  $\Delta t_b = 0,15 \text{ min} = 9 \text{ s}$ .

a) A keret ellenállása:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} = \rho \cdot \frac{d \cdot \pi}{r^2 \cdot \pi} = 1,75 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{0,15}{9 \cdot 10^{-8}} = 0,029 \Omega$$

3 pont

Tehát a keretben  $U = R \cdot I = 0,029 \Omega \cdot 10 \text{ A} = 0,29 \text{ V}$  nagyságú feszültség indukálódik.

3 pont

Az indukciós törvényt ( $U_i = -\frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$ ) figyelembe véve, ez arányos a fluxus időbeli változásával, azaz

$$U = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = 0,29 \text{ V}$$

Tehát  $\Delta \varphi = U \cdot \Delta t_a = 0,29 \text{ V} \cdot 5 \text{ s} = 1,45 \text{ Wb}$ .

3 pont

b) A keretben folyó áram teljesítménye:

$$P = U \cdot I = 0,29 \text{ V} \cdot 10 \text{ A} = 2,9 \text{ W}$$

Így  $9 \text{ s}$  alatt  $Q = P \cdot \Delta t_b = 2,9 \text{ W} \cdot 9 \text{ s} = 26,1 \text{ J}$  hő fejlődik.

2 pont

4. A tórium-232 izotóp 3,98 MeV-os alfa-sugárzást bocsát ki. A felezési ideje  $1,4 \cdot 10^{10}$  év. Egy kaloriméterbe, melynek a hőkapacitása 5, bizonyos mennyiségű ilyen tóriumot helyeztünk. Mekkora volt a tórium-izotóp mennyisége, ha a kaloriméter hőmérséklete 20 óra alatt 0,3 C-kal emelkedett? (Számításaid során használhatod a  $2^{-x} \approx 1 - x \cdot \ln 2$  közelítést!)

**Adatok:**  $\varepsilon_\alpha = 3,98 \text{ MeV} = 6,376 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ ,  $T_{1/2} = 1,4 \cdot 10^{10} \text{ év} = 365 \cdot 24 \cdot 1,4 \cdot 10^{10} \text{ h}$ ,  $C = 5 \frac{\text{J}}{^\circ\text{C}}$ ,  $t = 20 \text{ h}$ ,  $\Delta T = 2^\circ\text{C}$ ,  $M = 232 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$ .

A radioaktív bomlástartörvény alapján:

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t} = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$$

Ez alapján

$$N_0 - N(t) = N_0 \cdot (1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}})$$

darab részecske bomlott el  $t$  idő alatt, ami

$$\varepsilon_\alpha \cdot N_0 \cdot (1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}) \text{ energiát képvisel.}$$

4 pont

Ez az energia melegíti a kalorimétert:

$$C \cdot \Delta T = \varepsilon_\alpha \cdot N_0 \cdot (1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}})$$

2 pont

Innen

$$N_0 = \frac{C \cdot \Delta T}{\varepsilon_\alpha \cdot (1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}})} = \frac{5 \cdot 0,3}{6,376 \cdot 10^{-13} \cdot (1 - 2^{-\frac{20}{365 \cdot 24 \cdot 1,4 \cdot 10^{10}}})}$$

A megadott  $2^{-x} \approx 1 - x \cdot \ln 2$  közelítő formulát felhasználva:

$$(1 - 2^{-\frac{20}{365 \cdot 24 \cdot 1,4 \cdot 10^{10}}}) \approx$$

$$\approx 1 - (1 - \frac{20}{365 \cdot 24 \cdot 1,4 \cdot 10^{10}} \cdot \ln 2) = \frac{20}{365 \cdot 24 \cdot 1,4 \cdot 10^{10}} \cdot \ln 2 = 1,13 \cdot 10^{-13}$$

$$N_0 = \frac{C \cdot \Delta T}{\varepsilon_\alpha \cdot (1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}})} = \frac{5 \cdot 0,3}{6,376 \cdot 10^{-13} \cdot (1 - 2^{-\frac{20}{365 \cdot 24 \cdot 1,4 \cdot 10^{10}}})} = \frac{5 \cdot 0,3}{6,376 \cdot 10^{-13} \cdot (1,13 \cdot 10^{-14})} = 2,08 \cdot 10^{25}$$

4 pont

$$\text{Ez } m = \frac{N_0}{N_A} \cdot M = \frac{2,08 \cdot 10^{25}}{6 \cdot 10^{23}} \cdot 232 \cdot 10^{-3} \approx 8 \text{ kg}$$

tömögű tóriumot jelent.

1 pont

Megoldás másképpen:

A kaloriméterben fejlődött hő:

$$Q = C \cdot \Delta T = 5 \cdot 0,3 \text{ J} = 1,5 \text{ J.}$$

Ez a kibocsátott  $\alpha$  részecskék energiájából származik (100% hatásfokkal), így a kalorimétert melegítő  $\alpha$  részecskék száma

$$n = \frac{Q}{\varepsilon_\alpha} = \frac{1,5}{6,376 \cdot 10^{-13}} = 2,352 \cdot 10^{12} \text{ db.}$$

Egy atom egy  $\alpha$  részecskét bocsát ki bomlás közben,  $n$  tehát az elbomlott tórium atomok száma is.

Az aktivitás (a másodpercenkénti bomlások száma) 20 óra alatt nem változik, mivel a felezési idő nagyon nagy.

$$A = \frac{n}{t} = \frac{2,352 \cdot 10^{12}}{20 \cdot 3600} \frac{1}{\text{s}} = 3,267 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{s}}$$

Másrészt az aktivitás definíciója alapján

$$A = \frac{N(t) - N(0)}{t} = \ln 2 \cdot \frac{N(0)}{T_{1/2}}, \text{ ebből}$$

$$N(0) = \frac{A \cdot T_{1/2}}{\ln 2} = 2,08 \cdot 10^{25} \text{ db.}$$

5. 15 cm fókusztávolságú vékony lencse előtt a lencsétől 20 cm-re egy tárgy áll a lencse optikai tengelyén. A **tesztlapon** add meg, melyik kijelentés igaz (I), melyik hamis (H)!

A: A lencse által létrehozott kép kétszeres nagytású. **H**

1 pont

B: A keletkező kép látszólagos. **H**

1 pont

C: Ha a tárgyat 10 cm-rel közelebb visszük a lencséhez, akkor az ebben az esetben keletkező kép a tárgyával megegyező állású lesz. **I**

1 pont

D: A lencse törőerőssége 6 dioptria. **H**

1 pont

6. Homogén,  $B$  indukciójú mágneses mezőbe az indukcióvonalakra merőlegesen egy elektront lövünk be egyszer  $v_1$ , másszor  $v_2$  sebességgel. A **tesztlapon** add meg, melyik megfogalmazás igaz (I), melyik hamis (H)!

A: Az elektron pályasugara megnő, ha az elektronnal kezdeti sebessége  $v_2 > v_1$ . **I**

1 pont

B: Az elektron mindkét esetben körpályán mozog. **I**

1 pont

C: Az elektron keringési ideje a két esetben megegyezik. **I**

1 pont

D: Az elektron körfrekvenciája az első esethez képest biztosan megváltozik. **H**

1 pont

7. A **tesztlapon** add meg, melyik kijelentés igaz (I), melyik hamis (H)!

Napjainkban a Magyarországon alkalmazott há-  
lózati váltakozó feszültség

A: periódusideje 0,02 s, **I**

1 pont

B: a feszültség effektív értéke 230 V, **I**

1 pont

C: a pillanatnyi feszültség nagysága elérheti a 328 V értéket is, **H**

1 pont

D: a feszültség körfrekvenciájának értéke

$$314,159 \frac{1}{\text{s}}. \text{ **I**}$$

1 pont

8. Vákuumban egymástól 1 m távolságban két, egymással párhuzamos áramvezető helyezkedik el. Az egyik vezetőkben 2 A, a másikban 3 A erősségű, egyirányú áram folyik. A **tesztlapon** add meg, melyik válasz igaz (I), melyik hamis (H)!

A: Az áramvezetők 0,5 m hosszúságú darabjaira 0,6  $\mu\text{N}$  nagyságú erő hat. **H**

1 pont

B: Az áramvezetők taszítják egymást. **H**

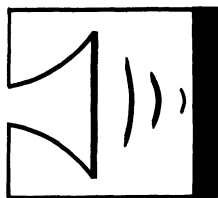
1 pont

C: Az első vezetőtől származó mező indukcióvektorának nagysága a második vezető helyén 1,5-szer kisebb, mint a második vezetőtől származó mező indukcióvektorának nagysága az első vezető helyén. **I**

1 pont

D: Ha a vezetők távolságát kétszeresére növeljük, akkor a vezetők adott hosszúságú darabjaira ható erők a felére csökkennek. **H**

1 pont



## HANGSZÓRÓ

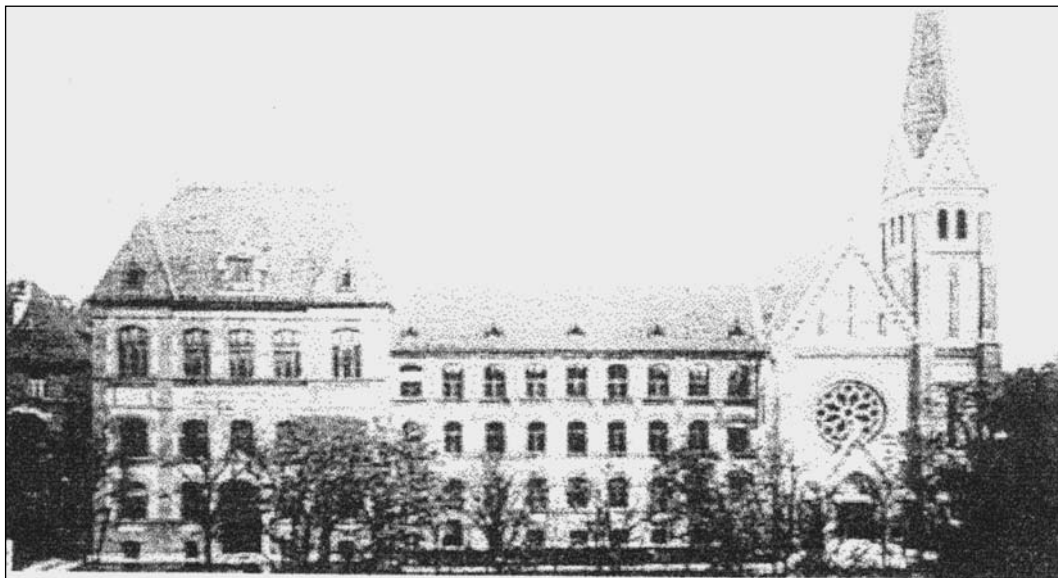
Dr. Szabó Árpád

### Mit ér az iskola, ha magyar?

Jóleső érzés elmondani, hogy a XX. század fizikájának fejlődéséhez a magyar fizikusok jelentős mértékben hozzájárultak. Számos kimagasló tudós, itthon és külföldön kutató és oktató professzor írta be nevét a fizika fejlődéstörténetébe. *Eötvös Loránd* gravitációs kutatásaival a fizikatörténet legszebb lapjaira véste be nevét, és olyan neves tudósok neve mellé, mint *Galileo Galilei*, *Isaac Newton*, *Albert Einstein*.

A magyar és a magyar származású tudósok nemzetközileg is elismert sikereik titkát a tudománytörténészek igen sokféleképpen igyekez-

nek magyarázni. Egy bizonyos, hogy a XIX. és a XX. század fordulóján a magyar iskolák fontos szerepet játszottak a világhírű magyar tudósok szellemi fejlődésében, a tudomány fejlődését is befolyásoló életpályák formálásában. *Wigner Jenő* Nobel-díjas fizikus szavai szerint a Fasori Evangélikus Gimnázium, amelynek ő is a tanulója volt, a XX. század első évtizedeiben a legjobb iskolák közé tartozott. A magyar gimnáziumok tanárainak egy nagy része az oktatás mellett rendszeresen végzett tudományos kutatómunkát. Előadásokat tartottak, cikkeket,



*Fasori Evangélikus Gimnázium (1905)*

könyveket írtak, többen doktoráltak. Csak a Fasori Evangélikus Gimnázium tanárai közül ezekben az években tizennégyen nyerték el a Magyar Tudományos Akadémia tagságát.

A magyar iskolákban a tanulók nemcsak alapos tudást és megfelelő nevelést kaptak, hanem sokkal többet: elkötelezettséget a tanulás és a tudományos kutatás iránt. Éppen ezért mi nagyon fontosnak tartjuk írni arról, hogy milyen szerepet játszottak ezek a jeles, kitűnő színvonalú magyar középiskolák a sikeres életpályák, a tudós karrier megformálásában.

A könyvben szereplő, leggyakrabban idézett 15 magyar tudós közül ketten igen jó nevű, vidéki magyar gimnáziumban tanultak, és végeztek el középiskolai tanulmányaikat (Lénárd Fülöp a Pozsonyi Reáliskolának és Bay Zoltán a Debreceni Református Kollégiumnak volt nyolc éven át a tanulója).

Tízen végeztek híres budapesti középiskolában (Gábor Dénes a Markó utcai Reálgimnáziumban; Kármán Tódor és Teller Ede a Trefort utcai Mintagimnáziumban; Szilárd Leó a Kemény Zsigmond Reál-gimnáziumban; Eötvös Loránd, Hevesy György és Oláh György a Piarista Gimnáziumban; Wigner Jenő és Neumann János a Fasori Evangélikus Gimnáziumban, de itt végzett Harsányi János Nobel-díjas is; Szent-Györgyi Albert a budapesti Lónyay Utcai Református Gimnáziumban). Hárman közülük nem Magyarországon jártak iskolába (Bárány Róbert és Zsigmond Richard Bécsben, Békésy György Svájcban). Látjuk, hogy három neves budapesti középiskola (Piarista Gimnázium, Fasori Evangélikus Gimnázium, Református Gimnázium) öt későbbi Nobel-díjas természettudóst látott el nagyon fontos és igen értékes szellemi útvalóval.

Azt, hogy mennyire erősek voltak a magyar iskolák, különösen a gimnáziumok a XIX. és a XX. század fordulóján, a XX. század elején, hogy mennyire magas színvonalú volt az oktatás ezekben az iskolákban, a magyar és magyar származású Nobel-díjasok száma igen jól tükrö-

zi. Az 1994-es adatok alapján Bulgáriának 1, Csehszlovákiának 2, Finnországnak 2, Görögországnak 2, Jugoszláviának 3, Lengyelországnak 11, Portugáliának 1, Romániának 1 és Spanyolországnak 7 Nobel-díjjal kitüntetett tudósa van, míg hazánk, Magyarország 12 Nobel-díjas tudóst adott a világnak. A 2004-es adatok alapján azonban már a magyar és a magyar származású Nobel-díjas tudósok száma 14. Ez az országok viszonylatában is igen kimagasló eredmény.

A magyar tudósok életútját nagyban befolyásolta a tudomány iránti elhivatottság, amely szerint abban az időben Magyarországon elengedhetetlen követelmény volt az is, hogy a tudományos pályára készülő fiatalok egyetemi tanulmányaikat részben vagy teljesen valamelyik nagyon jó nevű külföldi egyetemen végezzék, hogy így aztán a kor leghíresebb professzorainak az előadásait hallgathassák, hogy azok is oktassák őket.

Heidelbergben tanult Eötvös Loránd, őt Kirchhoff, Bunsen és Helmholtz is tanította. Berlinben tanult Szilárd Leó, Wigner Jenő, Gábor Dénes, ott volt ösztöndíjas Bay Zoltán. Olyan kitűnő tudósok tanították őket, mint Albert Einstein, Max Planck, Max von Laue és Erwin Schrödinger. Göttingenben volt a másik egyetem, amit leginkább választottak a külföldi egyetemen tanuló magyar diákok. A göttingeni egyetemet abban az időben a matematika fellegvárának tartották. Ott volt ösztöndíjas például Zemplén Győző, Kármán Tódor, Gyulai Zoltán. Göttingenben tanított Hilbert, Born, Heisenberg, Fermi és Pauli. De tanársegéd volt ott három magyar fizikus, matematikus is, Wigner Jenő, Neumann János és Teller Ede.

A tudósok „nagyságát”, az elismertségüket meghatározza a rájuk vonatkozó hivatkozások száma, az idézettségük, publikációik száma, enciklopédiákban való szereplésük. Arra a kérdésre a választ, hogy a különböző országok tudósai, feltalálói és szakemberei hogyan értékelik a nagy tudósok szerepét és helyét a tudomány,



az egyetemes tudomány fejlődésében, köztük a magyar tudósokét is, a nagy népek enciklopédiáiban való idézettségük – az amerikai *Asimov Enciklopédia*, a német *Pawlak Künstler Lexikon*, az angol *The Biographical Dictionary of Scientists*, valamint *Laura Fermi: Illustrious Immigrants* könyve – alapján kerestük. Az eredmény, a kapott statisztikai adatok hat ország viszonylatában az 1. táblázatban szerepelnek.

Az 1. táblázat adatai, amelyek a kis népek országokénti tudósainak számát tükrözik, jól szemléltetik a magyar tudósok elismertségét. A bolgárok, a görögök, a portugálok és a románok azért nincsenek feltüntetve a táblázatban, mert ezekben a munkákban mindössze 1–2 tudósuk szerepel. *Laura Fermi* könyvében összesen 678 tudós szerepel, ebből 68 magyar. Különösebb magyarázat ehhez sem kell. Nagyon sajnálatos, szomorú, hogy a drága „észbeli”

kincs, a kiváló tudás nem mindig itthon érett be, nem mindig Magyarországon hozta meg termését, a gyümölcsét.

Most pedig név szerint is bemutatjuk két amerikai és egy orosz tudománytörténeti kiadvány alapján, hogy kik azok a magyar tudósok, akik ezekben a könyvekben szerepelnek, akiknek a tudományos munkásságát ezekben a kiadványokban is méltatják. A 2., 3. és 4. táblázatban a jelzett könyvekben szereplő néhány európai ország tudósai számát is feltüntettük.

A szerző könyvében a világ 1680 nagy tudósának, feltalálójának a tudományos tevékenységét méltatja és tudományt formáló felfedezéseiket tárja az olvasók elé. Köztük a következő 15 jeles magyar tudós tudományos munkássága van közölve: *Bolyai Farkas*, *Bolyai János*, *Eötvös Loránd*, *Hevesy György*, *Kármán Tódor*, *Lénárd Fülöp*, *Neumann János*, *Polányi Mihály*,

	Cseh	Finn	Jugoszláv	Lengyel	Magyar	Spanyol
Asimov Enciklopédia	2	3	5	8	12	12
Pawlak Künstler Lexikon	21	11	4	17	29	–
The Biographical Dict.	3	2	3	9	14	3
Illustrious Immigrants	35	–	4	45	68	–

1. táblázat

*A nagy népek enciklopédiáiban való idézettségek*

Bulgária	Cseh-szlovákia	Finnország	Jugoszlávia	Lengyelország	Magyarország	Románia
1	6	1	2	10	15	2

2. táblázat

*A Dictionary of the History of Science*

*című könyvben szereplő tudósok számának országokénti megoszlása*

*Dictionary of the History of Science – Princeton, 1984.*

Bulgária	Cseh-szlovákia	Finnország	Jugoszlávia	Lengyelország	Magyarország	Románia
2	5	2	4	7	18	4

3. táblázat

*A Concise Encyclopedia of Sciences*

*című könyvben szereplő tudósok számának országokénti megoszlása*

*Concise Encyclopedia of Sciences – New York, 1978.*

Segner János, Szász Tamás, Semmelweis Ignác, Szent-Györgyi Albert, Szilárd Leó, Teller Ede, Wigner Jenő.

A tudomány történetét szintetizáló Dictionary of the History of Science c. könyvben a következő 18 magyar és magyar származású tudós munkássága, tudományos tevékenysége van tárgyalva, méltatva: *Bárány Róbert, Békésy György, Bolyai Farkas, Bolyai János, Eötvös Loránd, Ferenczi Sándor, Gábor Dénes, Hevesy György, Kármán Tódor, Lénárd Fülöp, Neumann János, Segner János, Semmelweis Ignác, Szent-Györgyi Albert, Szilárd Leó, Teller Ede, Wigner Jenő és Zsigmondy Richard.*

A Concise Encyclopedia of Sciences című könyvben a következő magyar tudósok szerepelnek: *Békésy György, Eötvös Loránd, Gábor Dénes, Gombás Pál, Hevesy György, Jánossy Lajos, Jedlik Ányos, Kovács István, Lánosz Kornél, Marx György, Neumann János, Pál Lénárd, Pogány Béla, Selényi Pál, Segner János, Szalay Sándor, Szilárd Leó, Tisza László.* A kiadványban a szerző még tárgyalja *Kürti Miklós, Lénárd Fülöp, Telegdi Bálint, Teller Ede és Wigner Jenő Pál* tudományos munkásságát. Sajnálatos, de őket nem magyar tudósként mutatja be.

Ezeknek a táblázatoknak az adatai jól szemléltetik a magyar tudósok szerepét és helyét, az elismertségüket a nemzetközi tudományos közéletben. Bátran mondhatjuk, hogy a magyar és a magyar származású tudósok sokban hozzájárultak elsősorban is a természettudományok fejlődéséhez.

Vizsgálataink alapján az elének táruoló összkép azt mutatja, hogy bár Magyarország kis ország, de tudósaink és feltalálóink világviszonylatban

ismertek és megbecsültek. Bennünket, magyarokat méltán tölt el büszkeség, hisz kis nemzetünk nagy szerepet játszott a természettudományok fejlődésében. Bátran kijelenthetjük, hogy a magyar kiválóságok világgraszoló felfedezésekkel és tudományt formáló találmányokkal segítették az egyetemes tudomány fejlődését és az emberiség haladását. A XX. században annyira szembeötlő volt a magyar tudósok szerepe, hogy – jelezvén zsenialitásukat – marslakókként is emlegetik őket a tudomány világában. Mi azonban keveset teszünk azért, hogy a világ minél jobban megismerje a magyar és magyar származású tudósokat. Például turistakönyveink hazánkat, Magyarországot a tokaji bor, a piros paprika, cigányzene és a csárdás országaként hirdetik, de nem mondják el, hogy a kocsí (1400), a gyufa (1836), a váltakozó áramú technika (1885), a telefonközpont (1879), a wolframszálas (1903) és a kripton-töltésű (1934) villanyégő, a radioaktív nyomjelzés (1913), sugárhajtású repülőgép (1943), az atomreaktor (1942) és az atombomba (1945), az elektronikus programozású számítógép (1946) és az e-mail (1960), a BASIC nyelv (1964) és WINDOWS WORD szövegszerkesztő (1990) mind olyanok agyában született meg, akik Magyarországon születtek, és magyar földön ringott a bölcsőjük.

Talán éppen mi, magyarok nem ismerjük eléggé a magyar és a magyar származású tudósokat. Csehországnak két Nobel-díjas tudósa van, és mindkettőjükről utcát neveztek el Prágában. Zürichben viszont van *Edison, Ohm, Franklin, Volta, Ampere, Watt, Bernoulli és Einstein* utca. Valószínűleg lesz még *Pauli* utca is. Mi a helyzet nálunk, Magyarországon? Saj-

Bulgária	Cseh-szlovákia	Finnország	Jugoszlávia	Lengyelország	Magyarország	Románia
7	9	5	7	22	18	8

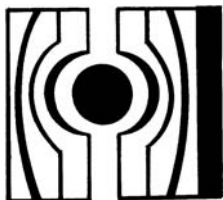
3. táblázat

*J. Krámov: Fizikusok című könyvben szereplő tudósok számának országokénti megoszlása*  
*Krámov J.: Fizikusok – Moszkva, 1985.*

nos nagyon lehangoló tényekről számolhatnánk be. Nekünk, magyaroknak bizony bőven akad még pótolnivalónk, hogy az elfelejtett híres-neves, jeles feltalálóinkat és a tudományt is formáló tudósainkat illő méltósággal mutassuk fel a világnak és elsősorban is magunknak, magyaroknak és magyar utódainknak.

Tanítványainknak mondjuk el, hogy többen a magyar tudósok közül a XX. század politikájában is jelentős szerephez jutottak! Mondjuk el, hogy Szilárd Leó Rooseveltnak, Kármán Tódotrumannak, Neumann János Eisenhownak, Neumann János leányának, Neumann Marina Nixonnak, Kemény János Carternek, Teller Ede pedig Reagannak volt tudományos tanácsadója. Teller Ede elmondása szerint a koreai háború idején Neumann stratégiai szimulációjának alapján döntöttek úgy, hogy az Egyesült Államok csapatai nem támadják meg Kínát. Ennek a döntésnek a fontosságát azt hiszem, nem kell különösebben hangsúlyozni.

Múltunk tudományos arculatának a feltárása, a tudósok tudományos tevékenységének a minél nagyobb nyilvánosság előtt való bemutatása segíti az egészséges önismeret, a korrekt és toleráns öntudat és önbizalom ápolását. Természetes dolog, ha egy nemzet büszke múltjának dicső napjaira és azokra a fiakra, akik nagy tetteket hajtottak végre, akik korszakalkotó felfedezéseikkel hazájuk és az egész emberiség életének a szebbé és jobbá tételét, az egyetemes emberiség fejlődését, gyarapodását szolgálták és szolgálják. A tudománnyal foglalkozó szakemberek egybehangozva, egyre nyomatékosabban hangsúlyozzák, hogy a tudósfeltalálók (tudományos emberfők) számbavétele erősíti népének egészséges önbecsülését és azt a tudatát, hogy ott a helye a művelt nemzetek sorában. Tehát a helyzet javítása érdekében tenni kell, ilyen és ehhez hasonló tanulmányokkal, könyvekkel segíteni, erősíteni kell a magyarságtudat, az egészséges magyar nemzeti öntudat és a toleráns hazaszeretetet identifikálását.



## KONTINUITÁS

Dr. Sikolya László – Dr. Szabó Árpád – Dr. Szabó Tímea

### Wigner Jenő Pál (1902–1995)

**W**igner Jenő Pál kimagasló képviselője volt a XX. század egyetemes tudományának. Ő az a világhírű Nobel-díjas fizikus, aki a tudomány kincsestárát maradandó, alkotó és formáló felfedezésekkel gazdagította.

Wigner Jenő a kísérleti és elméleti fizikában egyaránt kiemelkedő eredményeket ért el. Máiig jelentősek az atommagok, az elemi részek, az atomenergia és magreakciók kutatásá-

ban elért eredményei. Az atommagok és az elemi részek elmélete terén, főképpen az alapvető szimmetriaelvek felfedezésével és alkalmazásával elért eredményeiért 1963-ban fizikai Nobel-díjat kapott.

Wigner Jenő Pál Budapesten született 1902. november 17-én. Gazdag család gyermekeként gondos nevelésben részesült. Középiskolai tanulmányait 1912–1920 között a híres Fasori

Evangélikus Gimnáziumban végezte. Édesapja, a kiskunfélegyházi születésű Wigner Antal is ebben a gimnáziumban érettségizett. Véleménye szerint abban az időben a Fasori Evangélikus Gimnázium az ország, de talán a világ legjobb iskolája volt. Mindig nagy tisztelettel és szeretettel emlegette tanárait. Senki más nem beszélt nagyobb szeretettel és elismeréssel a magyar iskola, a magyar tanárok nemzetközi mércével is elismert szerepéről. Hangsúlyozta: ott nagyon sokat tanult, és nemcsak tudást kapott, hanem elkötelezettséget a tudomány, a tudás és a tanulás iránt. „Az a tanárom, akit legjobban szerettem, és akitől én a legtöbbet tanultam, Rátz László volt”. Tudjuk, hogy Rátz László tanár úr arcképe Wigner Jenő princetoni dolgozószobája falán függött. Fizikára Mikola Sándor tanította. Szerette és tisztelte, mint tanárt, mint kutatót és tankönyvíró. Mikola Sándort – gimnáziumi tanár létére – tagjává választotta a Magyar Tudományos Akadémia. Büszkén vallotta, hogy a Rátz Lászlótól tanult matematika és a Mikola Sándortól tanult fizika annyira jó volt, hogy egyetemi tanulmányai folytán a fizika majdnem csak ismétlésnek tűnt.

A Fasori Evangélikus Gimnáziumban érettségizett 1920-ban, és mivel már gimnáziumi tanulmánya során kitűnt a matematikában és a fizikában mutatott tehetségével, így a család indíttatására a budapesti Műegyetem Vegyész-mérnöki Karán kezdte el felsőfokú tanulmányait. 1921 őszén azonban már a berlini Technische Hochschule hallgatójaként folytatta tanulmányait. Ebben az időben kezdte el érdekelni az elméleti fizika. Átjárt az egyetemre, a Max von Laue által vezetett kollokviumokra, ahol csütörtök délutánoként három-négy előadást tartottak a modern fizika, de főleg a kvantumelmélet területéről. Kevés olyan helye volt akkoriban a világnak, ahol annyi eredeti felismerésről, felfedezésről hallhatott az érdeklődő, mint Berlinben. Az ott tanuló fiatalok így egyből a kutatások élvonalában találták magukat, többen éltek is az önként adódó lehetőséggel. Köztük volt

Wigner Jenő is. Előadásokra, kollokviumokra jártak, kutatásokban vettek részt, megjött a publikálási kedvük. Wigner Jenő első dolgozatát egyetemista korában, 1923-ban írta és publikálta. Berlinben fejezte be felsőfokú tanulmányait, 1924-ben kapott vegyész-mérnöki diplomát. Ott is doktorált 1925-ben. Még nem volt magfizika, így Wigner Jenő doktori disszertációját statisztikus mechanikából írta, Polányi Mihály vegyészprofesszor volt a témavezetője. Disszertációjában a legegyszerűbb kémiai reakció sikeres leírását adta meg a modern fizika módszerével, vagyis értekezése úttörő kvantumkémiai munka volt.

A frissen diplomázott ifjú a berlini egyetemi évek után hazajött Budapestre, és 1925–1926-ban a budapesti Mauthner bőrgyárban hasznosította vegyész-mérnöki tudását, de a fizika továbbra is igen érdekelte, esténként csakis fizikai folyóiratokat olvasott. Amikor pedig Heisenberg, Schrödinger és Born „megszülték” a kvantummechanikát, egyre inkább hiányzott neki a berlini tudományos élet, a berlini tudományos légkör. Érthető tehát, hogy amikor Weissenberg, a berlini Vilmos Császár Intézet krisztallográfusa meghívta laboratóriumába munkatársnak, a csábító ajánlatnak nem tudott ellenállni és visszatért Berlinbe, majd Göttingenben találjuk, ahol M. Born és W. Heisenberg voltak a mesterei, tanárai és a munkatársai. A Göttingeni Egyetemet a matematikus David Hilbert és a fizikus Max Born a modern tudomány központjává tették, de itt dolgozott budapesti diáktársa, jó barátja, Neumann János is.

Vagyis néhány esztendeig tanársegédi állást töltött be Berlinben (1926–1927) és Göttingenben (1927–1928). Göttingenben David Hilbertnek volt asszisztense, majd újra Berlin következett, ahol ekkor (1928–1933) a Műszaki Egyetem magántanára volt. Göttingenben határozta el, hogy életét a fizikának szenteli. Göttingenben és Berlinben a kvantummechanika kérdéseit tanulmányozta, ott a kristályok, a kémiai reakciók elméletének vizsgálatával foglal-

kozott. Arra kereste a választ, hogy az atomok miért tartózkodnak gyakrabban a kristály szimmetriasíkjaiban, illetve szimmetriapontjaiban. Ezzel a problémával foglalkozva talán ő értette meg elsőként, hogy a négydimenziós téridő szimmetriái a kvantummechanikában központi szerepet játszanak. Később ez a felismerés vezette el a csoportelméleti módszer megalkotásához. A csoportelmélet matematikai megalkotásában közreműködött, az elvi alapok tisztázásában sokat segített Neumann János is. Hat tanulmányt közöltek közösen a kvantumelmélet szimmetriaelveiről. Kettőjük között a barátság még a Fasori Evangélikus Gimnáziumban kezdődött, és egész életre szól. Neumann Jánosról Wigner Jenő ezt mondta: „Matematikából többet tanultam tőle, mint bárki mástól, az alkotó matematikai gondolkodásról pedig sokkalta többet, mint amennyire őnelkülre egy életen át megtaníthatnak volna”.

Wigner Jenő 1927-ben mutatott rá, hogy az atomok energiaszintjeinek a viselkedése az elektromágneses erők tükörszimmetriájának következményei. A kvantummechanikába ezzel bevezette a paritás fogalmát. Az atommagok energiaszintjeinek értelmezésével pedig bizonyította, hogy a magszerkezet is kvantumtörvényeket követ.

Kezdetben nem mindenki nézte jó szemmel az absztrakt matematika betörését a tapasztalati természettudományba. Maga Wolfgang Pauli a Wigner-módszert Gruppenpest (csoportpestis) névvel illette (amiben talán volt egy halvány célzás Neumann és Wigner szülővárosára, Pestre is). Einstein és Schrödinger sem rejtették véka alá kételyüket. Neumann azonban bátorította Wigner Jenőt, aki 1931-ben meg is jelentette a „Csoportelméleti módszer a kvantummechanikában” című könyvét. Könyvét több nyelven is kiadták, 1931-ben németül, 1959-ben angolul és 1979-ben magyarul is megjelent. A könyv még napjainkban is használatos egyetemi tankönyv.

Berlin a harmincas években a tudományos élet központja volt. Wigner Jenő ezekben az

években gyakran hazalátogatott Berlinből, és beszámolt Ortvy Rudolf tanszékvezető professzornak a legújabb tudományos eredményekről. Ortvy professzor 1928-ban vállalta el a Budapesti Tudományegyetem Elméleti Fizika Tanszékének a vezetését. Ortvy az európai szintű modern elméleti fizikaoktatás és kutatás hazai megteremtője. A modern fizikai elméletek megismertetésére 1929-ben indította el a nagyon híressé vált Ortvy-kollokviumokat. Ezen a kollokviumokon nemcsak neves hazai tudósok (Tangl Károly, Pogány Béla, Novobáztzy Károly és mások) tartottak előadásokat, hanem gyakori résztvevői és előadói voltak a külföldről hazalátogató magyar fizikusok (Wigner Jenő, Neumann János, Tisza László, Polányi Mihály, Teller Ede), és jeles külföldi tudósok (Peter Debye, Arnold Sommerfeld, Paul Dirac, Artur Eddington, Walter Bothe és mások). Wigner Jenő már 1930. szeptember 18-án előadást tartott „A kémiai kötés kvantumelmélete” címmel. Wigner Jenő igen rendszeres látogatója volt a kollokviumoknak.

Wigner Jenőt és Neumann Jánost szoros barátság kötötte Ortvy Rudolffhoz, akik így 1939-ig közvetlen kapcsolatban maradtak a honi elméleti fizikával. Ortvy Rudolf minden tőle telhetőt megtett a jó kapcsolatuk erősítéséért. Neumann Jánost akadémikusnak ajánlotta, az Akadémia azonban sajnos nem választotta tagjai sorába. Wigner Jenőt pedig megpróbálta megnyerni a Szegedi Tudományegyetem katedrájára, de Wigner bölcs és tanulságos indokok alapján elutasította a meghívást. Joggal mondhatjuk, hogy Ortvy Rudolfnak nem csekély szerepe volt abban, hogy Wigner Jenő élete végéig magyarnak vallotta magát.

Berlini tartózkodása alatt több neves tudományos folyóiratban publikált, amelyek a szak tudósok körében Wigner Jenőnek hírnevet és elismerést szereztek.

A XX. század elején az amerikai tudományos élet a világ fő áramlataitól távol maradva, jelentéktelen szerepet töltött be. Európa diktálta

a tempót, szinte minden jelentős matematikai, fizikai, kémiai és orvostudományi felfedezés az európai kontinens műhelyéből került ki. A harmincas évektől kezdve a helyzet gyökeresen megváltozott. Miután egyre nyilvánvalóbb lett, hogy a háború elkerülhetetlen, a tudományok fővárosának számító Berlin kezdett elnéptelenedni, az alkotó, a feltaláló tudósok sorra hajóztak át az óceánon a korlátlan kutatási lehetőséget biztosító Amerikába. Csak a nemzetközi hírű magyar tudósok száma, akik az 1930-as években érkeztek az Amerikai Egyesült Államokba, jóval 100 fölött van. Amerika örömmel fogadta a tudósokat, és biztosította számukra a jól fizetett állásokat a kutató laboratóriumokban és az egyetemeken. Amerika tudományos élete így aztán soha nem látott virágzásnak indult, és a súlypont végleg a tengerentúlra tolódott. Az „új hazában” a tudósok áldásos tevékenységet fejtenek ki, soraikban a magyarok is és köztük Wigner Jenő is.

1930-ban Paul Ehrenfest leydeni professzor ajánlatára Abraham Flexner intézetigazgató hívta meg Wigner Jenőt és Neumann Jánost az Egyesült Államokba, Princetonba. Így lett ő 1930-ban a Princetoni Egyetem tanára, ahol matematikai fizikát adott elő. 1930 után még Berlinben is tanított, két kontinensen dolgozott. (Fél évet Princetonban és fél évet Berlinben). Mintha nem tudott volna választani. A politikai helyzet alakulása, Hitler megjelenése döntötte el a kérdést. Wigner aztán 1935-ben végleg letelepedett Amerikában. Ezekben az években már több kiváló tudós a princetoni egyetemen vállalt állást. 1931-ben az Ortvy Rudolffhoz írt levelében Wigner említi, hogy nemcsak Neumann János, hanem Dirac is velük dolgozik. Dirachoz rokoni szálak fűzték. Paul Dirac Wigner Jenő hűgát vette feleségül. 1933-ban Einstein is megérkezett Princetonba, és elkezdődtek a híres Einstein-féle szemináriumok. Ott bontakozott ki véglegesen Einsteinnel való barátsága.

Wigner Jenő ezekben az években főképpen magfizikával foglalkozott. Az 1930-as években

ő lett a magfizika előfutára: felismerte a magerők rövid hatótávolságát, a neutronok rezonáns befogását és az atommagok héjszerkezetéről árulkodó mágikus számokat. 1932-ben az elsők közt írta le, hogy az atommagokban a protonnal (protonokkal) egyenlő tömegű semleges részecskének (részecskéknek) is lennie kell, hogy az atommagokat a protonok és a neutronok alkotják. 1933-ban azt is kimutatta, hogy az atommagot összetartó erők nagyon rövid hatótávolságúak, de azt is bizonyította, hogy azok függetlenek az elektromos töltéstől. Ez az erő a későbbiekben a Wigner-erő nevet kapta. Az 1930-as évek Wigner Jenő életének igen termékeny éve. Ezekben az években csoportelméleti módszerrel határozta meg az atommagok héjszerkezetének jellegzetességeit, de módszerét sikerrel alkalmazta a vegyértékelemzéshez és az atommagok energiaviszonyainak leírásához is. A módszer azóta is nélkülözhetetlen eszköze az elméleti fizikának. 1936-ban dolgozta ki a neutronbefogás elméletét, felismerése a reaktorok építéskor bizonyult igazán hasznosnak.

1936–1938-ban a Wisconsin Egyetemnek volt a professzora. Ekkor Gregory Breit meghívásának tett eleget. Együttműködésük eredménye a híres Breit-Wigner-formula. 1938-tól Wigner Jenő ismét Princetonban dolgozott és 1938-tól, 33 éven át, nyugdíjazásáig (1971) a princetoni egyetem professzora. Princetonban kisebb-nagyobb megszakításokkal hat évtizeden át dolgozott.

1934-ben Szilárd Leó fölkereste Wigner Jenőt az atomenergia fölszabadításának ötletével. Szilárdnak ezt az ötletét a fizikusok nem vették komolyan, de Wigner fölismerte, hogy a neutronláncreakció elve egyetlen természettörvénynek sem mond ellent, tehát lehetséges. A láncreakció ötletét Fermi is zöldségnek titulálta. Azonban 1939 márciusában már három helyen kísérletileg kimutatták, mégpedig Szilárd Leó és Walter Zinn (New York Egyetem), Joliot-Curie, Hans Halban és Lev Kowarski (Párizs), valamint Szilárd Leó kérésére maga Enrico Fermi, Carl

Anderson és Hanstein (Columbia Egyetem), hogy egy-egy uránmag hasadásánál két-három neutron is keletkezik, és így az energiatermelő reakció alkalmas körülmények között lavinaszerűen megvalósulhat.

„1939 áprilisában már tudtuk – írta Wigner Jenő –, hogy a hasadási láncreakcióra két különböző lehetőség kínálkozik. Lassú neutronok láncreakciót idézhetnek elő, amely energiatermelésre ad módot. Gyors neutronok is okozhatnak láncreakciót, de ez csak, mint vad robbanás valósulhat meg”.

Az atombomba történetéről szóló minden egyes írás kiemeli Wigner Jenő szerepét, hogy Szilárd Leóval, Teller Edével és Enrico Fermivel együtt kezdeményezője volt az atomfegyver megalkotásának. Ezek a tudósok tudták, hogy létezik maghasadás, hogy azt a németek találták fel 1938-ban, amikor Otto Hahn berlini professzor asszisztensével, Fritz Strassmann-nal maghasadást figyelt meg. Enrico Fermi számításokkal bizonyította, hogy a maghasadás láncreakciót válthat ki, ami óriási energiatermeléssel jár, és ez lehetőséget adhat atombomba készítéséhez. Wigner Jenőék abból indultak ki, hogy a világháborúban a németek világalomra törekednek, és mivel ezek az adatok a maghasadásról a kezükben vannak, és aktívan dolgoznak is, előálíthatják az atombombát.

Wigner Jenő és magyar barátai – Szilárd Leó, Neumann János, Teller Ede – számára teljesen világossá vált, hogy atombombát lehet készíteni és a németek atombombát akarnak készíteni. Ez a gondolat nemcsak félelemmel töltötte el őket, hanem egyben határozott cselekvésre is ösztönözte őket.

Szilárd Leó és honfitársai, Wigner Jenőék olyan következtetésre jutottak, hogy az Egyesült Államoknak jóval hamarabb kell előállítania az atombombát, mint Németországnak, csak így lehet megakadályozni a német vezetés világalomra törekvő szándékát. Szilárd Leó ötlete volt az is, hogy tudatosítsák Rooseveltnél azt, hogy az az ország fog a világ felett uralkodni,

amely elsőnek készít atombombát. 1939-ben Wigner Jenő és honfitársai, Szilárd Leó és Teller Ede arra törekedtek, hogy az Egyesült Államok kormányát minél előbb rávegyék az atombomba (Manhattan-terv) előállítására. Albert Einstein kérték fel 1939. július 19-én, hogy hatalmas tekintélyével támogassa Rooseveltnél kutatási szándékukat.

Az 1939. augusztus 2-i keltezésű híres Einstein-Szilárd-féle levélre az elnöki határozat nagyon sokáig váratott. Amikor azonban Németország megtámadta Lengyelországot, Roosevelt elnök döntött, utasítást adott, elrendelte a Manhattan-terv, a titkos fedőnevű atomprogram beindítását, és létrehozta az Uránium Bizottságot, amelynek a katonákon kívül négy tagja volt: Enrico Fermi, Szilárd Leó, Wigner Jenő és Teller Ede, vagyis egy olasz és három magyar. Ekkor ádáz küzdelem kezdődött a láncreakció megvalósításának az elsőbbségéért. A kutatás 1942 augusztusában kezdődött, amelynek központja Chicago lett. Az atomprogram irányítását Arthur Comptonra bízta, de a kutatási laboratórium (chicagói Metallurgia Laboratórium) vezető fizikusa Szilárd Leó volt. Az atommáglya előállításán dolgozó csoport vezetője Enrico Fermi, míg az elméleti fizikai csoportnak a vezetője Wigner Jenő lett, és az első atomreaktor megtervezése a Wigner-csoport feladata volt.

Wigner-csoport olyan grafit moderátoros plutónium termelő atomreaktort tervezett, amelynek hűtésére Wigner a közönséges vizet javasolta. Javasolta továbbá, hogy víz vezesse el a felszabaduló energiát, és víz lassítsa a neutronok mozgását is. Merész lépés volt Wigner részéről hűtőközegnek vizet ajánlani. Többen a héliumot ajánlották hűtőanyagként. Wigner Jenőt a világ első reaktormérnökének (nukleáris mérnöknek) tartják. A Hanfordban megépített reaktorokat Wigner Jenő terve alapján a DuPont Vállalat építette. Ezek a Hanfordban (Washington állam) működő reaktorok termelték az atombombához szükséges plutóniumot.

Jogosan mondhatjuk, hogy Wigner Jenő döntően hozzájárult az első atomreaktorok megépítéséhez.

A Wigner-csoporthoz olyan szaktekintélyek tartoztak, mint Enrico Fermi, Szilárd Leó, Arthur Compton, Walter Zinn, Sam Allison és Alvin Weinberg. Wigner kezdettől meg volt győződve arról, hogy a láncreakció beindul, és sikerül kellő mennyiségű plutóniumot előállítani. 1942. december 2-án a világ első reaktora el is kezdte működését. Ekkor Wigner Jenő Enrico Ferminek gratulált azzal az üveg olasz chianti borral, amelyet ő már jóval hamarabb megvásárolt. Ez is azt igazolja, hogy Wigner Jenő mennyire bízott a kísérlet eredményében. Vanak, akik azt mondják, hogy az egész Manhattan-tervben dolgozó tudósok közül talán Wigner Jenő az egyetlen, aki kezdettől fogva átlátta annak fizikáját, és magabiztos volt műszaki kivitelezésében. Miután koccintottak a siker tiszteletére, Fermi ráírta nevét a chianti címkére. Ezután a palackot körbeadták a teremben, és az ott lévők mindannyian ráírták a nevüket. A címkén lévő névsor tette aztán lehetővé, hogy utólag a történelmi eseményt rekonstruálják, hogy megállapítsák: kik voltak jelen az első atommáglya beindításánál, az első önfenntartó láncreakció létrejötténél. Többek közt az amerikaiakon kívül jelen volt egy olasz (Fermi), egy kanadai (Zinn) és két magyar (Szilárd és Wigner). Amint a sikert ünneplő tömeg széteszlott, Szilárd Leó ezt mondta Ferminek: „Azt hiszem, ez fekete napként kerül be az emberiség történetébe”. Ekkor még Enrico Fermi olasz és Szilárd Leó magyar állampolgár volt. A világ első atomreaktorának a megalkotása tehát olasz-magyar-amerikai siker volt. Ezt követően 1943-tól 1945-ig Wigner Jenő Los Alamosban Robert Oppenheimer vezetése alatt az első amerikai atombomba előállításán dolgozott. Szilárd Leót, az atomprogram kezdeményezőjét viszont nem hívták meg, ő nem vett részt a Los Alamosi munkálatokban. A kutatócsoport munkáját siker koronázta,

1945. július 16-án Alamogordóban felrobbantották a világ első kísérleti atombombáját.

A. Compton a kutatócsoportot a II. világháború befejezése után is együtt tartotta, de nem Chicagóban és nem is Los Alamosban, hanem Oak Ridge-ben, ahol Wigner Jenő az 1947–1950-es években a Nemzeti Atomkutató Laboratórium kutatási és fejlesztési osztályának az igazgatója volt és reaktor-fejlesztéssel foglalkozott. Az atomreaktorokra vonatkozó szabadalmának száma 37. 1952–1957 és 1959–1964 között az amerikai Atomenergia Bizottság Tanácsadó Testületének volt a tagja. A reaktorfizika terén számos eredmény tőle származik. Ő a magfizikai héjmodell egyik megalkotója. Nevéhez fűződik továbbá a tértükrözési invariancia lehetséges sérülésének jelzése és a bariontöltés megmaradásának felismerése (1949).

Wigner Jenő 1937-ben kapta meg az Egyesült Államok állampolgárságát, de hazájával, Magyarországgal való kapcsolata még a nehéz években sem szűnt meg teljesen. Pihenésként szívesen olvasott magyar verseket. Vörösmarty Mihály volt a kedvenc költője, akinek sorait még kilencven éves korában is szívesen idézte. Így vallott magáról: „Egyszerű magyar dalok és versek, amelyeket 1910 előtt tanultam, ma is önként megszólalnak bennem. Az Egyesült Államokban eltöltött 60 esztendő után még mindig inkább magyar vagyok, mint amerikai. Az amerikai kultúra sok vonása mindmáig idegen maradt számomra. Budapesten sokkal több elmélyült beszélgetést hallhat az ember a kultúráról, mint az Egyesült Államokban. A magyar költészet talán a legszebb Európában”. Több évtizedes távollét után is választékosan és szépen beszélt anyanyelvén. A német és az angol nyelvet szintén tökéletesen beszélte.

Wigner Jenő mindig büszkén hangoztatta magyar származását. A hidegháború végével, fél évszázados távollét után négyszer látogatta meg szülőházát. Először 1976-ban jött haza az Eötvös Loránd Fizikai Társulat meghívására.



A következő hazalátogatása alkalmával, 1977-ben tiszteletbeli tagjává választotta az Eötvös Társulat. 1983-ban való hazalátogatásakor felkereste a Paksi Atomerőművet is. Az Eötvös Loránd Tudományegyetem díszdoktori oklevelét 1987-ban vette át. 1988-ban lett tiszteletbeli tagja a Magyar Tudományos Akadémiának. Ekkor Wigner Jenő már nem vállalta a hazalátogatást, így nem tudta személyesen megtartani székfoglaló előadását. Az első magyarországi hazalátogatásakor emlékfát ültetett Balatonfüreden. Láttuk, hallottuk a tv-ben.

Életműve hatalmas. Közel 400 tudományos cikket és számos könyvet írt, 33-at magyarul és ebből 17-et a Fizikai Szemlében. Ismertebb művei valamennyi világnyelven megjelentek. A Nobel-díjas tudósról itthon és külföldön egyaránt számos cikk, könyv, kortársi visszaemlékezés jelent meg.

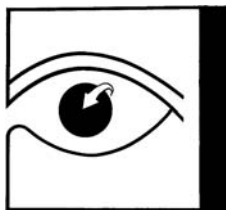
Wigner Jenő a jeles díjak és magas kitüntetések egész sorát kapta meg, tudományos érdemeit egyetemek, akadémiák és társulatok sora ismerte el. Több mint 30 egyetem, akadémia és társulat választotta tagjává, díszdoktorává. Az American Physical Societynek (az Amerikai Fizikai Társulat) 1955-ben az alelnöke, 1956-ban az elnöke volt. Tagjává választotta az Amerikai Nemzeti Tudományos Akadémia, az Amerikai Művészeti és Tudományos Akadémia, a Fizikatanárok Amerikai Egyesülete, az Amerikai Matematikai Társulat, az Amerikai Nukleáris Társaság, az Amerikai Filozófiai Társaság, a Franklin Intézet, a Német Fizikai Társulat, továbbá a Göttingeni Tudományos Akadémia, a Holland Királyi Tudományos Akadémia, az Osztrák Tudományos Akadémia, a Royal Society of London. Kitüntetései között szerepel a Nobel-díj, a Medal for Merit, a Max Planck Érem, az Enrico Fermi Award, az Atoms for Peace Award, valamint a Franklin Érem, George Washington Érem, a National Medal of Science, az Albert Einstein Érem és más emlékérmek.

Tudományos eredményeinek az elismertséget mi sem bizonyítja jobban, mint az, hogy

monográfiák, folyóiratok, enciklopédiák hasábjain a nevét viselő elméleti fizikai kifejezések egész sora szerepel. A teljesség igénye nélkül néhányat közülük megemlítünk: Wigner-együtttható, Wigner-hatások, Wigner-erő, Wigner-energia, Wigner-modell; Wigner-Wilkins-magfüggvény; Wigner-tört; Breit-Wigner-formulák; Wigner-Eckhart-elmélet, Wigner-Seitz-cella, Wigner-növekedés; Wigner-Seitz-módszer, Wigner-rés, Wigner-elmélet stb. Wigner Jenőnek évenkénti idézettségét 1100–1200-ra becsülik. Iskolák, egyetemi kollégiumok és szakmai versenyek őrzik a nevét. Rendszeresen megrendezik a Wigner szimpóziumokat és konferenciákat. 2000-ben a Magyar Tudományos Akadémia a Paksi Atomerőművel közös Wigner-díjat alapított a nukleáris tudomány és technika terén kiemelkedő alkotók jutalmazására. 2002-ben viszont, születése centenáriumán az Amerikai Fizikai Társaság (április 21-én), az Európai Fizikai Társaság (augusztus 27-én) és az Eötvös Loránd Fizikai Társulat a Magyar Tudományos Akadémiával közösen (november 8-án) ünnepi ülésorozatot tartott, hogy kifejezzék tiszteletüket Wigner Jenő alkotói nagysága előtt. Tudományos érdemei mellett emberi tisztasága, páratlan szerénysége biztosít számára elismerést a legnagyobbak között.

Wigner Jenő, akit a magyar föld adott az egyetemes emberi kultúrának, 1995. január 1-jén Princetonban, 93 éves korában halt meg. Halálával a magyar és az egyetemes tudomány nagy tudósa távozott.

Halálakor a New York Times gyászjelentésében hat hasábon emlékezett meg Wigner Jenő életéről és tudományos tevékenységéről, ilyen címmel: „Wigner Jenő, aki bevezette az emberiséget az atomkorba”. A nekrológ befejező részében viszont ez áll: „Ő is egyike volt azoknak a figyelemreméltó képzeleterővel és előrelátással megáldott tudósoknak, akik Budapesten születtek és ott tanultak, majd Nyugatra jöttek és megváltoztatták a világot”.



## NET-LESEN

### Landolt a Dragon űrhajó az óceánban

**A**magyar idő szerint 2012. V. 31-én, 17.42-kor landolt az új amerikai űrhajó, a Dragon a Csendes-óceánban, a Kaliforniai-félsziget partjainál. A landolás után néhány perccel a landolási helyet is megerősítették: ez az északi szélesség 27., a nyugati hosszúság 120. foka, igen közel a tervezett leszállási ponthoz.

18 óra körül rendben lecsatolódtott a három fékezőernyő az űrhajó visszatérő kabinjáról, amely stabil pozícióban várja, hogy az erre felkészített hajók begyűjtsék.

Ezzel befejeződött az első olyan küldetés, amelynek során egy magáncég által fejlesztett űrhajó csatlakozott a Nemzetközi Űrállomáshoz.

### Korábbi információk

**T**sütörtökön levált a Dragon űrhajó a Nemzetközi Űrállomásról (ISS-ről). A művelethez – az összekapcsolódáshoz hasonlóan – ismét egy robotkar nyújtott segítséget, amely magyar idő szerint 11.49-kor engedte el az új amerikai űreszközt. Ezt követően az űrhajó lassan eltávolodott az űrállomástól.

A tervek szerint a következő órákban fékez a Dragon, és 17.42-kor landol a Csendes-óceánban, Kalifornia állam partjainak közelében. A leszállás ahhoz hasonlóan zajlik, mint amikor légénység is lesz majd a Dragon fedélzetén: a hővédőpajzsos fékezés után három nagy ejtőernyő segítségével ereszkedik le a kabin a vízre, 3 kilométeres pontossággal.



Mint arról korábban részletesen beszámoltunk, a Dragont három napon keresztül tesztelték különféle műveletekkel a Föld körüli pályán, mielőtt az ISS-hez kapcsolódott. Ezt követően kiegyenlítették az űrállomás és a Dragon belsejében uralkodó gáznyomás közötti eltérést, majd az asztronauták múlt szombaton kinyitották az űrhajó bejáratát, és biztonsági előírásnak megfelelően először védőmaszkban mentek át a belsejébe.

Az űrhajósok hétfőn pakolták ki a felszerelést a Dragon belső teréből. A közel 450 kilogrammnyi szállítmány élelmiszert (amely összesen 162 étkezésre elegendő az ISS legénységének), ruhákat és különféle műszereket tartalmazott. Néhány diákkísérlet felszerelése is feljutottak a rakománnyal, emellett jégkockák is voltak a csomagban, amelyeket hűtésre használnak néhány érzékeny műszernél. A visszaútra közel ugyanennyi, az űrállomáson már feleslegessé vált eszközt berámoltak az űrhajóba, amit az visszahoz a Földre. A jövőben maximálisan megpakolva akár 2,5 tonnányi terhet is szállíthat a Dragon.

Don Pettit űrhajóst a pakolás egyszerűsége arra emlékeztette, mint amikor az ember egy kisbusz hátsó platójára berámol. A Dragon közel 10 köbméter térfogatú kabinja sokkal tágasabb az asztronauták szerint, mint az orosz Szojuz űrhajók belseje.

A Dragon útja eddig teljes sikernek mondható. A start után az űrhajó kommunikációs rendszerét, napelemtábláit és helyzetmeghatározó képességét tesztelték a Föld körüli pályán. Az eredmények alapján különböző módszerekkel is képes megállapítani térbeli helyzetét az űrhajó, köztük a földfelszíni közlekedésben naponta használt GPS rendszert is képes alkalmazni az űrben.

A leszállás után a Dragont építő Space-X cég tovább folytatja a munkát, a NASA-val kö-



*Don Pettit (balra) és Oleg Kononyenko (jobbra) űrhajósok a Dragon belsejében, a bejárat kinyitása után egy ideig még elővigyázatos-ságból gázálarokban (NASA)*

tött szerződése 12 útra vonatkozik, összesen 1,6 milliárd dollár értékben. A legutóbbi bejelentés szerint a Dragon első, embereket is szállító útja 2015-ben várható. Ennek során a legtöbb lépés ugyanúgy zajlik majd, mint az ember nélküli repülések alkalmával, bár az ISS-hez kapcsolódás és a leválás is megoldható lesz már robotkar nélkül. Hosszabb távon pedig a tervek között szerepel, hogy a Dragont nyolc kis fékezőrakétával szerelik fel, amelyek a leszállás utolsó méterein lassítják az egység zuhanását. Emellett a kabin alján felfújható, ütközéstompító légszakok is lesznek – a két módszerrel együttesen már szárazföldön is képes landolni az űrhajó.

A Dragon feljuttató Falcon-9-es hordozórakétát is továbbfejlesztik. Egy nagyobb változata a Falcon Heavy lesz, amelynek teherszállító képessége iránt már most érdeklődnek a műholdakat készítő, illetve készített cégek, elsősorban az Intelsat. A Falcon Heavy tervezői szerint a legnagyobb teherhordó képességű rakéta lesz, ami jelenleg üzemel a Földön. A 69 méter (közel 17 emelet) magas rakéta 53 tonnányi terhet állíthat majd alacsony Föld körüli pályára. Ez közel duplája a legnagyobb mai teherszállító rakéta, a Delta-4 kapacitásának. Első tesztrepülését 2013-ra tervezik.

Kereszturi Ákos