

XXI. ORSZÁGOS SZILÁRD LEÓ NUKLEÁRIS TANULMÁNYI VERSENY – 1. rész

Sükösd Csaba
BME Nukleáris Technikai Intézet

Éppen 20 évvel ezelőtt, *Szilárd Leó* születésének centenáriuma alkalmából, *Marx György* professzor kezdeményezésére 1998-ban került először megrendezésre a Szilárd Leó Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny. Azóta a Szilárd Leó Tehetséggondozó Alapítvány, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, az Energetikai Szakgimnázium és Kollégium és a Magyar Nukleáris Társaság minden évben megrendezi a versenyt. A verseny célja a modern fizikai ismeretek, ezen belül az atomfizika iránti érdeklődés felkeltése és annak minél szélesebb és mélyebb megismertetése. A verseny elő kívánja segíteni a nukleáris szakterület számára szükséges szakember-utánpótlás kinevelését az elkövetkezendő években, évtizedekben. Erre az atomerőmű üzemidejének meghosszabbítása és a tervezett új blokkok építésének és üzemeltetésének érdekében elengedhetetlenül szükség van. 2006 óta határon túli magyar anyanyelvű iskolák tanulói részére is megnyitottuk a részvétel lehetőségét. 2015 után idén ismét volt jelentkező a határon túlról, igaz, csak egyetlen fő: a Székely Mikó Kollégium (Sepsiszentgyörgy, Románia) egyetlen első kategóriás (11–12. osztályos) fiút nevezett a versenybe. Sajnos, Szerbiából és Horvátországból, valamint Kárpátaljáról és a Felvidékről ez évben sem kaptunk nevezést. Összesen 232 első kategóriás és 102 junior kategóriás nevezés érkezett. Örvendetesen, ez több tanuló érdeklődését jelzi, mint az elmúlt években, megoszlásukat mutatja az 1. táblázat.

Feltűnő a budapestiek létszámának és arányának növekedése, valamint – örvendetes módon – a lányok jelentkezési kedve is megnőtt, különösen a II. (Junior) kategóriában.

A 2018. február 19-én megtartott első forduló (válogató verseny) tíz feladatát az iskolákban, három óra alatt lehetett megoldani. Kijavítás után a tanárok azon megoldásokat küldték be a BME Nukleáris Technika Tanszékére, ahol a 9–10. osztályos (junior) versenyzők legalább 40%-os, a 11–12. osztályos (I. kategóriás) versenyzők legalább 60%-os eredményt értek el. A verseny fordulóján másokkal (és az internettel) való

	I. kategóriás		II. kategóriás	
	fiú	lány	fiú	lány
budapesti	106 (72)	21 (8)	34 (33)	17 (5)
vidéki	94 (116)	10 (16)	38 (35)	13 (4)
határon túli	1 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
összesen	201 (168)	31 (24)	72 (68)	30 (9)

kommunikációt lehetővé tevő eszközök kivételével bármilyen segédeszköz használható volt.

Az alábbiakban ismertetjük a válogató verseny, valamint a döntő feladatait, és a megoldókulcsot, amely a javító tanárok számára jelentett iránymutatást. A tanárok természetesen minden helyes ötletet és megoldást is pontozhattak. Olyanokat is, amelyek eltértek a megoldókulcsban bemutatott megoldástól. Minden feladatra maximálisan 5 pontot lehetett adni.

A válogató verseny feladatai és megoldásuk

1. feladat

Válaszoljunk az alábbi tudománytörténeti kérdésekre:

- Ki szabadalmaztatta a neutronos láncreakciót?
- Kiről mondják, hogy az első reaktormérnök volt?
- Heisenbergnél doktorált, majd a hidrogénbomba atyjának is nevezték. Ki volt ő?
- A radioaktív nyomjelzés ötlete tőle származik. Ki volt ő?
- Ki adta a radioaktivitás nevet a sugárzási jelenségeknek?

Megoldás

a) Szilárd Leó, b) Wigner Jenő, c) Teller Ede, d) Hevesy György, e) Marie Curie. (Minden helyes válasz 1-1 pontot ér.)

2. feladat

Hogyan változna meg a H-atom mérete és energiaszintjei, ha

- az elektron tömege kétszeresére nőne,
- az elektron tömege felére csökkenne,
- a proton tömege kétszeresére nőne,
- az elektron töltése felére csökkenne,
- a proton töltése kétszeresére nőne?

A megoldásnál használd a mellékelt táblázatot!



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

Megoldás

Az ajánlott irodalmakban több helyen is szerepelnek a következő, H-atomra vonatkozó képletek:

$$r_n = \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m_e q_e^2} n^2, \text{ valamint } E_n = -\frac{m_e q_e^4}{8 h^2 \epsilon_0^2} \frac{1}{n^2}.$$

Ezek alapján a válaszok könnyen megadhatók. (Alapállapotban $n = 1$.) A töltésváltozások hatásának megítéléséhez vegyük figyelembe, hogy a töltések a Coulomb-energiából származnak, azaz például a q_e^2 -ben az egyik q_e a proton töltéséből, a másik q_e az elektron töltéséből származik. Hasonlóképpen, a q_e^4 -ben q_e^2 származik a proton, és q_e^2 az elektron töltéséből.

(Megjegyzés: egyes függvénytáblázatokban hibásan szerepel a H-atom energiájának képlete: a töltés hatványkitevője hiányzik. Ennek alapján készült megoldásokat nem lehet elfogadni.)

paraméterének változása	H-atom méretének változása	energiaszintjeinek változása
a) Elektron tömege kétszeresére nő	Csökkenne az elektron kvantumos nyüzsgése, ezért felére csökkenne az atom egyensúlyi mérete	A negatív energiaszintek kétszeresére mélyülne
b) Elektron tömege felére csökken	Nőne az elektron kvantumos nyüzsgése, ezért kétszeresére nőne az atom egyensúlyi mérete	A negatív energiaszintek felére csökkennének
c) Proton tömege kétszeresére nő	A méretet a proton tömege nem befolyásolná	Energiaszintek változatlanok maradnának
d) Elektron töltése felére csökken	A proton vonzása csökkenne, a méret kétszeresre nőne	A negatív energiaszintek energiája negyedére csökkenne
e) Proton töltése kétszeresére nő	A proton vonzása nőne, a méret a felére csökkenne	Az energiaszintek négyszer mélyebbek lennének

Mind a 10 részfeladat fél-fél pontot ér.

3. feladat

Egy 1 MeV energiájú gamma-foton kölcsönhatásba lép

- egy nyugvó elektronnal;
- egy nyugvó H-atommal;
- egy nyugvó atommaggal.

Mindhárom esetben csak foton – részecske között lép fel kölcsönhatás, és tegyük fel, hogy a fotonnal kölcsönható atomi részek egyben maradnak.

Kérdések:

- Mely kölcsönhatás(ok)nál nyelődhet el (részecskéként megsemmisül) a foton?
- Ha elvileg létrejöhet a kölcsönhatás, akkor milyen feltételnek kell teljesülni?

Megoldás

1–2) Csak az atommaggal való kölcsönhatás során történhet foton elnyelődése. Ennek feltétele, hogy az atommagnak legyen olyan energiaszintje, amelyre gerjeszthető a mag úgy, hogy a lendület- és energiamegmaradás is teljesüljön. (2 pont)

A másik két esetben ez nem jöhet számításba:

Nyugvó elektronnál azért nem, mert az elektronnak nincs belső szerkezete, így az nem gerjeszthető. Ugyanakkor, mint nyugalmi tömeggel rendelkező részecske, nem tudja átvenni a fotontól annak lendületét, és az azzal arányos energiáját is. Könnyen belátható, hogy ellentmondásra jutunk. Tegyük fel, hogy a meglökött elektron átveszi a foton p_γ lendületét. Ekkor az energiamegmaradás a következőképpen írható fel:

$$p_\gamma c + m_0 c^2 = \sqrt{(p_\gamma c)^2 + (m_0 c^2)^2},$$

hiszen a kezdő állapotban van egy foton és egy nyugvó elektron (az egyenlet bal oldala, m_0 az elektron nyugalmi tömege), végállapotban pedig csak egy elektron van, amelynek lendülete megegyezik a foton lendületével (az egyenlet jobb oldala).

Négyzetre emelés után azt kapjuk, hogy az egyenlőség akkor teljesülhet, ha

$$2 p_\gamma c m_0 c^2 = 0,$$

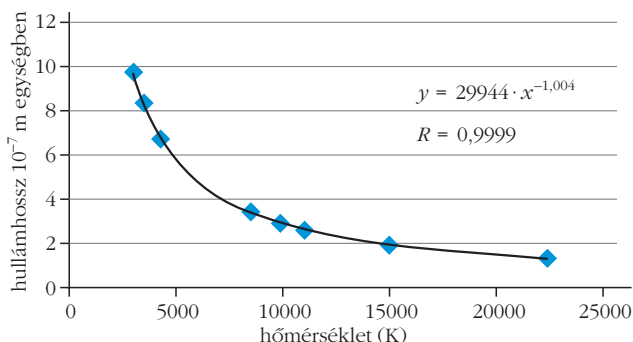
Mivel $m_0 > 0$, ez csak akkor teljesíthető, ha $p_\gamma = 0$ lenne. Ekkor viszont nincs foton. (2 pont)

b) Ugyanez a helyzet a H-atom esetében is. Igaz ugyan, hogy a H-atom gerjeszthető, de a foton energiája túlságosan nagy (MeV) a 13,6 eV ionizációs energiához képest, tehát a H-atom szétesne, ha ekkora energiát nyelne el (1 pont).

4. feladat

Az alábbi ábra néhány csillag által kibocsátott fény maximális intenzitásánál mért hullámhosszát és a csillag felszíni hőmérsékletének (K) kapcsolatát mutatja. A hullámhosszak a függőleges tengelyen 10^{-7} m egységben vannak. Az ábrán szereplő csillagok névsorban: Achernar, Arcturus, Betelgeuse, Deneb, Proxima Centauri, Rigel, Sirius, Spica.

Csillagok által kibocsátott fény maximális intenzitásánál mért hullámhossza a felszíni hőmérséklet függvényében.



Melyik törvény olvasható ki a grafikonból? Határozzuk meg a törvényben szereplő állandó értékét a grafikon alapján!

Megoldás

Az ábrán szerepel az Excel által megadott illesztés képlete is. Ezt a hullámhosszal és a hőmérséklettel felírva kapjuk (jó közelítéssel)

$$\lambda = \frac{29\,944}{T}$$

Azaz a két paraméter között jó közelítéssel fordított arányosság áll fenn. (Ne felejtjük el, hogy itt a hullámhossz 10^{-7} m egységekben van!) (2 pont)

Átrendezve ezt a következő módon is írhatjuk:

$$\lambda T = \text{konstans.}$$

Ez a Wien-féle eltolódási törvény. (2 pont)

Ha a hullámhosszat méterben, a hőmérsékletet kelvinben adjuk meg, akkor a konstans az illesztés alapján: $2,9944 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$ (1 pont). A Wien-féle konstans irodalmi értéke: $2,8978 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$.

5. feladat

Korunk egyik legnagyobb műszaki teljesítményének számító, a CERN-ben megépített LHC (Large Hadron Collider = Nagy Hadronütköztető) gyorsítóját 2008-ban kapcsolták be először. A föld alá helyezett, közel kör alakú 26,7 km területű gyorsítóban 7 TeV (tera = 10^{12}) energiájú protonok keringenek és ütköznek. A teljes kerület mentén 2808 csomagban keringenek a protonok. Egy csomagban $1,15 \cdot 10^{11}$ darab proton van.

a) Mekkora egy protoncsomag teljes energiája?

b) Ha egy 150 kg tömegű kismotor ekkora mozgási energiával rendelkezne, mekkora sebességgel mozogna?

c) Mekkora a teljes kerület mentén egy irányban mozgó protonok energiája?

d) Mekkora tömegű 25 °C hőmérsékletű aranytömböt lehetne megolvasztani ekkora energiával?

Adatok: az arany C fajhője $126 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{°C})$, olvadáspontja: $1337,6 \text{ K}$, L olvadáshője $64,9 \text{ kJ}/\text{kg}$.

Megoldás

a) Egyetlen részecske energiája:

$$7 \text{ TeV} = 7 \cdot 10^{12} \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}} = 1,12 \cdot 10^{-6} \text{ J.}$$

Tehát $E = 1,15 \cdot 10^{11} \cdot 1,12 \cdot 10^{-6} \text{ J} = 1,29 \cdot 10^5 \text{ J}$ egy csomag teljes energiája. (1 pont)

b) A kismotor

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2,58 \cdot 10^5}{150}} = 41,47 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 149 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

sebességgel száguldana. (1 pont)

c) A teljes kerület mentén egy irányba mozgó összes proton $E_{\text{össz}} = 1,29 \cdot 10^5 \cdot 2808 = 362,2 \text{ MJ}$ energiával rendelkezik. (1 pont)

d) Ezen összenergia az arany olvadáspontig való melegítésére és ott megolvasztására fordítódik, azaz

$$E_{\text{össz}} = C m \Delta T + L m,$$

amiből kapjuk hogy

$$m = \frac{E_{\text{össz}}}{C \Delta T + L} = 1849 \text{ kg}$$

tömegű aranyat olvaszthatnánk meg. (2 pont)

6. feladat

Legalább mekkora a nukleonok keV egységekben kifejezett kinetikus energiája az $A = 125$ tömegszámú atommagon belül? Adjunk rá becslést!

Adatok: $r_0 = 1,2 \cdot 10^{-15} \text{ m}$, $m_{\text{nukleon}} \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $\hbar = 1,055 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$.

Megoldás

Ezen atommag sugara

$$r = r_0 \sqrt[3]{A} = 1,2 \cdot 10^{-15} \cdot 5 = 6 \cdot 10^{-15} \text{ m.}$$

A határozatlansági relációból:

$$\Delta x \Delta p_x \geq \hbar,$$

azaz

$$\Delta p_x \geq \frac{\hbar}{\Delta x}.$$

A hely bizonytalanságát becsüljük az atommag átmérőjével, azaz $\Delta x = 2r = 1,2 \cdot 10^{-14} \text{ m}$. Természetesen a másik két dimenzióra is ugyanígy igaz, azaz $\Delta x = \Delta y = \Delta z$. Ezekből következik, hogy

$$\Delta p_x = \Delta p_y = \Delta p_z \geq \frac{\hbar}{\Delta x}$$

a nukleon minimális lendülete. (2 pont)

A nukleon kvantumnyüzgésből származó

$$E = \frac{(\Delta p)^2}{2m} = \frac{\Delta p_x^2 + \Delta p_y^2 + \Delta p_z^2}{2m} = 3 \frac{\hbar^2}{2m \Delta x^2}$$

mozgási energiájára a lendületbizonytalanságból adhattunk becslést. (2 pont)

Behelyettesítve a $\Delta x = 1,2 \cdot 10^{-14} \text{ m}$ helybizonytalanságot, kapjuk: $E \geq 434 \text{ keV}$. (1 pont)

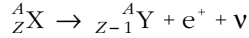
Természetesen ez csak a legalacsonyabb energiájú állapotban lévő nukleonok kinetikus energiája. A Pauli-elv miatt a többi nukleon egyre nagyobb kinetikus energiájú állapotba kényszerül, így a legmagasabb energiájú betöltött állapotban lévő nukleon kinetikus energiája ennél sokkal nagyobb – akár 30 MeV is – lehet.

7. feladat

Létezik-e olyan atommag, amely pozitronkibocsátással bomlik, de elektronbefogással nem? Indokoljuk meg!

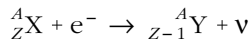
Megoldás

A pozitronkibocsátás során:



az atommagban egy proton neutronná alakul át, miközben egy pozitront és egy neutrínót bocsát ki. (1 pont)

Az elektronbefogás során:

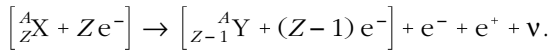


is az atommag egy protonja alakul át neutronná, mivel befog egy elektront az atommag körül elhelyezkedő elektronok közül (legvalószínűbben a maghoz legközelebb eső 1s pályáról), és egy neutrínó bocsátódik ki. (1 pont)

Hasonlítsuk össze a két folyamat energetikai feltételét! Mivel földi világunk semleges atomokból áll, célszerű a teljes folyamat (semleges atomokból semleges atomok képződése) teljes energiáját összehasonlítani.

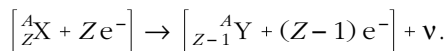
Írjuk fel a fenti reakciókat, figyelembe véve az egyes atomok elektronjainak számát is! Először az egyenlet mindkét oldalához adjunk Z darab elektront!

A pozitronemisszió:



Az egyenlet mindkét oldalán a szögletes zárójelekben a semleges atomok összetétele szerepel. Mivel a leánymag rendszáma eggyel kisebb, azért az egyenlet mindkét oldalához hozzáadott Z darab elektrontól az egyenlet jobb oldalán, a pozitron mellett egy elektron külön jelenik meg.

Az elektronbefogás:



Itt az elektron befogása miatt a végállapotban már eleve eggyel kevesebb $(Z-1)$ elektron marad. Ezek alapján a pozitronemisszió feltétele:

$$M_X c^2 > M_Y c^2 + 2 m_e c^2$$

(1 pont), az elektronbefogás energetikai feltétele pedig:

$$M_X c^2 > M_Y c^2,$$

ahol m_e az elektron/pozitron tömege vonatkozik, M_X és M_Y pedig a semleges atomok tömege. (1 pont)

Nyilvánvaló, hogy amennyiben az előbbi feltétel teljesül, akkor szükségképpen teljesül az utóbbi is. (1 pont)

Ebből következik, hogy minden pozitront emittáló atommag befoghat elektront, de fordítva ez nem feltétlenül igaz. Tehát nem létezik olyan atommag, amely csak pozitronkibocsátással bomlik, de elektronbefogási folyamata nincs.

8. feladat

Egy laboratóriumból egy igen hosszú, állandó átmérőjű kábelcsatornán folyamatosan radioaktív toron gáz szivárog. A csatornában 2 m/s sebességgel halad előre a levegő, amelyben egyenletesen oszlik el a szennyező gáz. A laboratóriumtól 10 m távolságban a cső mellett a megengedett sugárzás 16-szorosát mérik. A toron a radon 220-as izotópja és felezési ideje 56 s.

a) A laboratóriumtól mekkora távolságra éri el a sugárzás a megengedett szintet?

b) A laboratóriumtól mekkora távolságban lesz a sugárzás a megengedett érték háromszorosa?

Megoldás

A mérés helyén a megengedett érték 16-szorosát mérik, ezért a felezési idő négyszeresének kell eltelnie ahhoz, hogy a sugárzás értéke megfelelő legyen. Ez $t = 224$ s. Ezen idő alatt a gáz a csatornában $s = vt = 448$ m méter utat tesz meg. Tehát a laboratóriumtól $10 + 448 = 458$ m távolságra lesz a sugárzás intenzitása elfogadható. (2 pont)

A mérés helyétől 448 méterre a sugárzás intenzitása a kezdeti A_0 érték $1/16$ -od része. A keresett helyen ennek háromszorosa mérhetjük. Az aktivitás t' idő múlva lesz ennyi.

$$3 \frac{A_0}{16} = A_0 2^{-\frac{t'}{T_{1/2}}}.$$

Logaritmálás és az adatok behelyettesítése után a t' idő kifejezhető:

$$t' = -56 \cdot \frac{\lg \frac{3}{16}}{\lg 2} = 135,24 \text{ s.}$$

Ennyi idő alatt a levegő $s' = vt' = 270,48$ métert halad előre a mérőhelytől. Tehát a labortól $10 + 270,48 = 280,48$ méterre lesz az aktivitás a megengedett érték háromszorosa. (3 pont)

9. feladat

20 MeV energiájú protonok 500 mA-es nyalábjába egy céltárgyra esik, ahol teljesen elnyelődik.

a) Másodpercenként hány proton nyelődik el?

b) Mekkora teljesítménnyel fűti a protonnyaláb a céltárgyat, ha a protonok teljes kinetikus energiája hővé alakul?

c) Hány százalékkal nagyobb a protonok relativisztikus tömege, mint nyugalmi tömege?

d) Mekkora erőt fejt ki a protonnyaláb az elnyelődő céltárgyra?

Megoldás

a) Az 500 mA áram azt jelenti, hogy másodpercenként 500 mC töltés halad át egy felületen (például a céltárgyon). Mivel egy proton töltése $1,6 \cdot 10^{-19}$ C, ezért a másodpercenként

$$N = \frac{500 \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 3,125 \cdot 10^{15}$$

számú proton nyelődik el. (1 pont)

b) A 20 MeV energia olyan, mintha 20 MV feszültséggel gyorsítottuk volna a protonokat. Azaz

$$P = UI = 20 \cdot 10^6 \text{ V} \cdot 500 \cdot 10^{-6} \text{ A} = 10\,000 \text{ W} = 10 \text{ kW}$$

a nyaláb (villamos) teljesítménye. (1 pont)

c) A teljes energia és a mozgási energia kapcsolata: $mc^2 = E_{\text{kin}} + m_0 c^2$. Ebből a teljes relativisztikus tömeg éppen a mozgási energiának megfelelő tömeggel nagyobb a nyugalmi tömegnél. Azaz

$$\frac{E_{\text{kin}}}{m_0 c^2} = 2,13\%$$

a keresett növekmény. (1 pont)

d) A protonnyaláb által kifejtett erőt az időegység (1 s) alatt a céltárgynak átadott lendületből tudjuk meghatározni. Mivel a protonok mozgási energiája sokkal kisebb, mint a nyugalmi tömegéből számított energia, ezért számolhatunk klasszikusan. Ekkor egyetlen proton lendülete:

$$p = \sqrt{2 m_0 E_{\text{kin}}} = \sqrt{2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 20 \cdot 10^6 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}}} = 1,03 \cdot 10^{-19} \frac{\text{kg m}}{\text{s}}$$

Elnyelődésekor minden proton ennyi lendületet ad át a céltárgynak. Azt viszont korábban kiszámoltuk, hogy 1 s alatt $3,125 \cdot 10^{15}$ proton nyelődik el, így az összes lendületátadásból (mivel $\Delta t = 1$ s)

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = 3,125 \cdot 10^{15} \cdot 1,03 \cdot 10^{-19} = 3,22 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

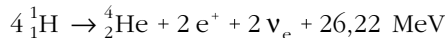
a nyaláb által kifejtett erő. (2 pont)

10. feladat

Mekkora a felszíni hőmérséklete annak a Naphoz hasonló csillagnak, amelynek sugara 750 ezer kilométer, és a csillagtól mért 220 millió kilométer távolságban a neutrínófluxus értéke $5,9 \cdot 10^{13}$ $1/(\text{m}^2 \text{s})$ (vagyis 1 m^2 merőleges felületen másodpercenként ennyi neutrínó halad át)?

Megoldás

A Naphoz hasonló csillagokban a fúziós energiatermelés a proton-proton ciklusban történik, amelyben sok részfolyamat során összességében a



folyamat zajlik. (1 pont)

A csillagtól mért 220 millió kilométer távolságban található ϕ_ν neutrínófluxusból a csillagban másodpercenként keletkező neutrínók száma meghatározható, hiszen ha ismerjük, hogy mennyi neutrínó halad át másodpercenként 1 m^2 -en, akkor ki tudjuk számolni, hogy

$$\frac{\Delta N_\nu}{\Delta t} = \phi_\nu 4 \pi d^2 = 3,5885 \cdot 10^{37} \frac{1}{\text{s}}$$

halad át a $d = 220$ millió kilométer sugarú gömb teljes felszínén. (1 pont)

Mivel minden 26,22 MeV felszabadult energia két neutrínó keletkezésével jár, ezért minden neutrínóhoz 13,11 MeV energia felszabadulása tartozik, azaz

$$P = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta N_\nu}{\Delta t} \cdot 26,22 \frac{\text{MeV}}{\text{s}} = 7,527 \cdot 10^{25} \text{ W}$$

a csillag teljesítménye. (1 pont)

A csillag felszínének (R sugarának) ismeretében a Stefan–Boltzmann-törvény alapján

$$T = \sqrt[4]{\frac{P}{\sigma 4 \pi R^2}} \approx 3700 \text{ K}$$

felszíni hőmérséklet adódik. (2 pont)

Az elődöntő eredményei

Az elődöntő feladatait 44 fő I. kategóriás, és 23 fő junior versenyző teljesítette olyan szinten, hogy dolgozataikat a javító tanárok be tudták küldeni a BME Nukleáris Technika Tanszékére további értékelés és rangsorolás végett. Ezek megoszlását mutatja a 2. táblázat. (A zárójelben lévő számok itt is a 2017-es eredmények.)

A vidéki iskolák a hibahatáron belül 2018-ban is ugyanolyan eredményesek voltak mindkét kategóriá-

2. táblázat		
Az I. forduló után beküldött dolgozatok megoszlása, zárójelben a 2017. évi adatok		
	I. kategóriás	II. kategóriás
budapesti	16 (24)	8 (13)
vidéki	28 (29)	15 (12)
határon túli	0 (0)	0 (0)
összesen	44 (53)	23 (25)

ban, mint 2017-ben. A budapestiek azonban gyengébben teljesítettek, ami meglepő, hiszen 2018-ban jóval több budapesti versenyző regisztrált (178), mint 2017-ben (118). Enyhe és nem arányos emelkedést vártunk, hiszen sok olyan budapesti tanuló (és iskola) lehetett, aki először ismerkedett az Országos Szilárd Leó Verseny feladataival. Viszont örvendetes a budapesti junior kategóriás tanulók tavalyinál lényegesen jobb szereplése, ami reményt ad arra, hogy a következő években felkészültebb tanulók versenyeznek majd. Sajnos, határon túli iskolában továbbra sem született olyan dolgozat, amely elérte volna a továbbküldési szintet.

Az Országos Szilárd Leó Fizikaverseny első fordulójából beküldött dolgozatok ellenőrzése után egy egyetemi oktatókból álló bírálóbizottság a legjobb 10 junior versenyzőt és a legjobb 20 első kategóriás versenyzőt hívta be a 2018. április 21-én megrendezett

döntőre. Sajnos két bejutott első kategóriás versenyző csak túl rövid idővel a verseny előtt jelezte, hogy nem tud részt venni, így a döntőben szereplő első kategóriás tanulók száma 18-ra csökkent.

Idén négy lány jutott a verseny döntőjébe: *Csuba Boglárka* és *Krasznai Anna* (Vajda János Gimnázium, Keszthely), valamint *Világos Blanka* (Szent István Gimnázium, Budapest) az I. kategóriában, továbbá *Sajgó Anna Mária* (SZTE Gyakorló Gimnázium és Általános Iskola) a juniorok között.

A verseny döntőjét – mint eddig minden évben – Pakson, az Energetikai Szakgimnázium és Kollégiumban (ESZI) rendeztük 2018. április 20. és 22. között. A döntő zökkenőmentes lebonyolításáért *Csajági Sándor* igazgatóhelyettes úrnak, valamint *Csanádi Zoltán* igazgató úrnak tartozunk köszönettel.

Folytatása következik.

A TIZEDIK NUKLEÁRIS SZAKTÁBOR

Mester András
az MNT tanári tagozatának elnöke

Felsőfokú műszaki szakemberek iránti igény az energetikában

A Magyar Nukleáris Társaság (MNT) hamar felismerte, hogy a duális képzések korában fontos, hogy már a középiskolás diákokat megnyerjék a megfelelő szakterületek számára. Nagyon sok tehetséges diák azért nem választ bizonyos szakmákat, mert nem rendelkezik megfelelő ismeretekkel. Éppen emiatt lényeges, hogy még a pályaválasztás előtt megfelelő tájékozottsággal bírjanak a fiatalok. (A felsőfokú műszaki végzettségűek közül speciális energetikai, atomerőművi (szakmérnöki) továbbképzésben részesültek aránya 2009-ben 11% volt.)¹ Annak érdekében, hogy a nukleáris ipar szakemberigénye kielégíthető legyen, a jövő atomerőműveinek, kutatóintézeteinek, oktatási intézményeinek humán erőforrásáról időben gondoskodni kell (*1. ábra*). A nukleáris képzés jelentősége megnőtt, hiszen elkezdődött a két új paksi blokk építésének előkészítése. Miután ezek a blokkok 60 éven át működnek majd, az atomerőmű és a hozzá kapcsolódó tudományos, szakmai háttérintézmények is hosszú távra kínálnak perspektívát a fiataloknak.



Mester András Rátz Tanár Úr Életműdíjas nyugalmazott fizikatanár a Kossuth Lajos Tudományegyetem matematika-fizika szakán diplomázott. A kezdeményezésére indított Városi Fizikavetélkedőt tizennégy éven át szervezte a Diósgyőri Gimnáziumban. Közel húsz éve vesz részt az ELFT és az MNT munkájában. 1998 óta tagja a Szilárd Leó Fizikaverseny versenybizottságának. 2007 óta egyik fő szervezője az MNT Nukleáris Szaktáborának, ahol részt vesz a programok összeállításában és lebonyolításában.

Nukleáris szaktáborok

A nukleáris szakemberképzés erősítése, a tehetséggondozás igénye már korábban is számos alkalommal felmerült, mielőtt 2007 tavaszán megfogalmazódott a nukleáris szaktábor megvalósításának ötlete. Középiskolások részére az I. Nukleáris Szaktábort 2007 nyarán indította az MNT. Az első tábor sikerét követően az MNT fontosnak tartotta a tábor következő években való megszervezését is.

A tábor kiváló lehetőséget jelent a fiatalok számára a szakmai ismeretek elsajátítására, a területen dolgozó szakemberek megismerésére. A táborban megszerzett tudás és képességek alapján a fiatalokat be lehet vonni a tudományos kutatásokba, elősegítve szakmai fejlődésüket, egyúttal megalapozva az utánpótlásképzést.

Az eltelt 10 év lehetőséget ad némi elemzésre is: a visszajelzések alapján a táborozók közül – akik meghatározó élményként tekintenek a táborra – többen választották a fizikusi vagy mérnöki pályát. Örömmel tapasztaljuk, hogy velük egyre többször találkozunk szakmai rendezvényeken.

X. Nukleáris Szaktábor az MNT jelentős támogatásával

2016-ban a korábbi gödi helyszínről Keszthelyre vittük a tábort. Ezzel is igyekeztünk vonzóbbá tenni a rendezvényt. A X. Nukleáris Szaktábor 2017. július

¹ Aszódi Attila: *Az energetikai, műszaki képzés és tájékoztatás helyzete*. Magyar Energetikusok Kerekasztala, 2009.06.10., 22. old. http://www.mee.hu/files/images/Asz_di.pdf