

# Országos Szilárd Leó Fizikaverseny – Döntő 2022.

## II. (Junior) kategória

**A megoldásokat feladatonként külön lapra írjuk!** Minden feladat helyes megoldása 5 pontot ér. A feladatokat tetszőleges sorrendben lehet megoldani. A feladatok nem nehézségi sorrendben vannak. A megoldáshoz bármilyen „offline” segédeszköz használható, telekommunikációs eszközök nem. Rendelkezésre álló idő: 180 perc.

### 1. Feladat:

(kitűzte: Sükösd Csaba || Mindenkinek)

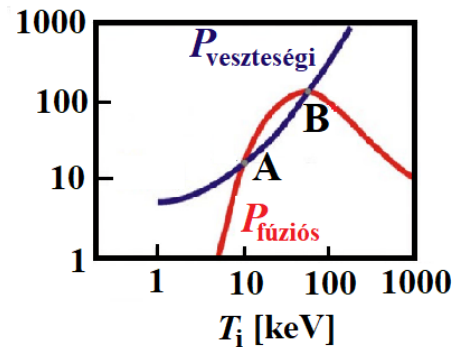
Az orosz-ukrán háború során a sérült csernobili atomerőmű környezetéből megnövekedett dózisteljesítményt jelentettek. Egyesek szerint emiatt jódtablettákat kellene szedni.

- Miért javasolják a hatóságok jódtabletta szedését atomerőmű-baleset környezetében?
- Valóban ajánlott-e a 2022-ben Csernobil környékén megemelkedett dózisteljesítmény miatt jódtablettákat szedni? A választ indokoljuk!

### 2. Feladat:

(kitűzte: Sükösd Csaba || Mindenkinek)

Egy fúziós reaktorban a magas hőmérsékletű deutérium-trícium plazma hősugárással (és más módon is) veszít energiát. A plazmát fűtő fúziós reakciók teljesítménye is függ a hőmérséklettől. E két teljesítmény hőmérsékletfüggését mutatja a mellékelt ábra. A vízszintes tengelyen a hőmozgás átlagos mozgási energiája van, a függőleges tengely a teljesítménnyel arányos. Az ábra tengelyei logaritmikusak.



- Hány Kelvin a plazma hőmérséklete az A pontban?
- A plazma hőmérséklete akkor állandó, ha a veszteségi és fűtési teljesítmény egyenlő. Az egyensúly az A és a B pontban is fennáll, de csak az egyik pontban stabil a plazma hőmérséklete. Vajon melyikben és miért?

### 3. Feladat:

(kitűzte: Radnóti K., Sükösd Cs. & Halász M. || Mindenkinek)

A jó neutronelnyelő anyagok fékezik, sőt le is állíthatják a láncreakciót. Ezen az alapon működnek a mozgatható szabályozó rudak is, vagy a reaktor hűtővizébe kevert bórsav. A Paksi Atomerőműben újabban olyan üzemanyag-kazettákat használnak friss üzemanyagként, amelynek néhány pálcájába jó neutronelnyelő gadolíniumot is belekevertek.

- Vajon mi értelme van az üzemanyaghoz láncreakciót fékező anyagot keverni, ha a szabályozó kazettákkal ellentétben nem tudjuk őket mozgatni?
- Van-e olyan, jó neutronelnyelő izotóp, amely az atomerőmű működése során keletkezik?

### 4. Feladat:

(kitűzte: Szücs József || Mindenkinek)

Marx György (1927 – 2002), az Országos Szilárd Leó Fizikaverseny alapítójának emlékére.

- Magyarázzuk meg a Marx György által felvetett kérdést: miért nem sérül az energiamegmaradás törvénye a trícium radioaktív bomlásánál, hiszen a keletkező  ${}^3_2\text{He}$  mag gyengébben kötött, mint a kezdeti  ${}^3_1\text{H}$  mag volt, és még szabad elektron is keletkezik  $E_\beta > 0$  mozgási energiával!
  - Mi okozhatja a  ${}^3_2\text{He}$  mag  ${}^3_1\text{H}$  magénál gyengébb kötését, ha mindkét magban 3-3 nukleon van?
- Adatok:  $E_k({}^3_1\text{H}) = 1,334$  pJ,  $E_k({}^3_2\text{He}) = 1,214$  pJ,  $E_\beta^{\text{max}} = 18,6$  keV.

### 5. Feladat:

(kitűzte: Szücs József és Halász Máté || Mindenkinek)

Az urán dúsítási szintjét annak Bq/mol-ban mért fajlagos aktivitásából kívánjuk meghatározni.

- Maximálisan hány-szorosára növelhető dúsítással a fajlagos aktivitás a természetes uránhoz képest?
- Adjuk meg a fajlagos aktivitás maximumát!

Adatok: Az  ${}^{235}\text{U}$  felezési ideje 704 millió év, az  ${}^{238}\text{U}$  izotópé 4,47 milliárd év. A természetes uránban az  ${}^{235}\text{U}$  atomok számának aránya 0,7%, az  ${}^{238}\text{U}$  atomok számának aránya 99,3%, valamint kis mennyiségben jelen van a  ${}^{238}\text{U}$  bomlási sorából származó, vele szekuláris egyensúlyban lévő  ${}^{234}\text{U}$  is. Vegyük figyelembe, hogy a  ${}^{234}\text{U}$  és  ${}^{235}\text{U}$  izotópok a dúsítás során együtt maradnak.

A feladatok a következő oldalon folytatódnak!

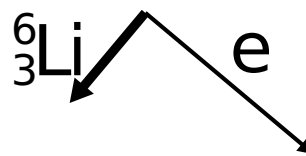
1/2

**6. Feladat:**

(kitűzte: Tarján Péter || Mindenkinek)

*Csikai Gyula (1930 – 2021) debreceni fizikus emlékére.*

Szalay Sándor és Csikai Gyula 1956-os kísérlete szolgáltatta az egyik első bizonyítékot a neutrínó létezésére. A kísérletben egy béta-bomlásból származó elektron és a leánymag nyomait figyelték meg ködkamrában. A  ${}^6_2\text{He} \rightarrow {}^6_3\text{Li} + e^- + \bar{\nu}$  folyamatban keletkező Li mag és az elektron indulási irányait mutatja az ábra. (A bomlás előtt az anyamag állónak tekinthető.)



- Magyarázzuk meg, miért bizonyíték az ábrán látható ködkamra-kép arra, hogy egy harmadik részecske is keletkezik a bomlás során!
- Mekkora és milyen irányú lendületet visz el a keletkező antineutrínó, ha az elektron a bomlásban felszabaduló energia 40%-át, a Li mag pedig  $1,5 \cdot 10^{-17}$  J-t visz el mozgási energiaként? (Tegyük fel, hogy a Li mag és az elektron kezdeti sebességei éppen merőlegesek egymásra. Válasszuk  $x$  tengelynek a leánymag,  $y$  tengelynek az elektron pályairányát!)

Adatok: az atommagok tömege  $m_{\text{He}} = 9,9928 \cdot 10^{-27}$  kg,  $m_{\text{Li}} = 9,9856 \cdot 10^{-27}$  kg,  $m_e = 9,1094 \cdot 10^{-31}$  kg  $\approx 0,511$  MeV/ $c^2$ . A Li magot kezelhetjük nemrelativisztikusan.

**7. Feladat:**

(kitűzte: Sükösd Csaba || Mindenkinek)

1991. október 15-én az USA-ban lévő Fly's Eye detektor észlelte az addigi legnagyobb energiájú  $((3,2 \pm 0,9) \cdot 10^{20}$  eV) részecskét a kozmikus sugárzásban. Ezt a részecskét „Oh My God” (OMG) részecskének nevezték el, mivel észlelésekor a kutatók így kiáltottak fel meglepetésükben.

- Mekkora sebességű teniszlabdának (tömege kb. 57 g) van ekkora mozgási energiája?
- Tegyük fel, hogy az OMG részecske proton volt! Mennyivel térne el a sebessége a vákuumbeli fénysebességtől?
- Tegyük fel, hogy egy ilyen energiájú proton, és egy foton egyszerre indul el a Földről, ugyanabba az irányba. Mennyi idő múlva „maradna le” ez a proton 1 cm-rel a foton mögött a földi koordinátarendszerben? (A földi koordinátarendszert tekinthetjük inerciarendszernek.)

A proton nyugalmi tömege:  $m_p = 0,938$  GeV/ $c^2$ . Útmutatás: a felmerülő numerikus probléma kiküerdüléséhez kihasználhatjuk a következő közelítést:  $1 - (a/b)^2 \approx 2(1 - a/b)$ , ha  $a \approx b$ .

**8. Feladat:**

(kitűzte: Veres Gábor || 2. (Junior) kategória)

Az LHC-ben a protonok energiája 7 TeV. Az alagút 27 km kerületű gyűrű. Milyen hosszúnak érzékelik a protonok ezt a kört? A proton tömege:  $m_p = 0,938$  GeV/ $c^2$ .

**9. Feladat:**

(kitűzte: Szűcs József || 2. (Junior) kategória)

Gondolatban helyezünk el az éjjeliszekrényünkre egy dobozban 1000 db  ${}^{238}\text{U}$  uránatomot! Hányszor nagyobb annak a valószínűsége, hogy egy hat oldalú dobókockával egymás után 10-szer hatost dobunk, mint annak, hogy reggelre az uránatomok közül akár csak egy is elbomlik?

Adatok: az  ${}^{238}\text{U}$  felezési ideje 4,47 milliárd év, az alvási időt vegyük 8 órának.

**10. Feladat:**

(kitűzte: Mester András és Tarján Péter || 2. (Junior) kategória)

Az EU-ban a legtöbb élelmiszert Belgiumban kezelik ionizáló sugárzással. A kezeléshez használt izotópok  $\gamma$ -fotonjainak energiája kb. 1,2 MeV.

- Miért kezelnek bizonyos élelmiszereket ionizáló sugárzással?
- Hány gray (Gy) az elnyelt dózis, ha 50 dkg csirkehús besugárzása esetén annak hőmérsékletemelkedése  $1,2$  °C? ( $c_{\text{csirke}} \approx 3370$  J/(kg · °C))
- Mennyi ideig tart a besugárzás, ha a  $\gamma$ -forrás aktivitása 420 TBq, és a kibocsátott energia 25%-a nyelődik el a húsban?