

Szilárd Leó Országos Fizikaverseny Döntő 1999

I. Elméleti feladatsor

A feladatok megoldásához 180 perc áll rendelkezésre. Minden segédeszköz használható. Minden feladatot külön lapra írjon, s minden lapon legyen rajta a megoldó neve, iskolája, valamint az, hogy hányadik osztályba jár. Minden feladat helyes megoldása 5 pontot ér.

1.feladat:

Egy orvosi vizsgálathoz tríciumot használnak, eközben 10^4 Bq aktivitású injekciót adnak be a betegnek. Mennyi idő múlva csökken le a testben lévő tríciumtöbbség aktivitása 5 Bq-re? A trícium fizikai felezési ideje 12,3 év, a biológiai felezési idő pedig 10 nap. (Biológiai felezési idő: a szervezet hidrogénatomjainak fele az anyagcsere folyamán 10 nap alatt lecserélődik)

2.feladat:

A Paksról származó kisaktivitású (reaktoron kívülről begyűjtött) radioaktív hulladék átlagos aktivitáskoncentrációja 10^8 Bq/kg. Az aktivitás főleg a kb. 30 év felezési idejű ^{90}Sr és ^{137}Cs izotóptól származik, amelyek veszélyesek az élő szervezetekre. A hatóság 600 éves biztonságos mélységi tárolást ír elő.

- Miért éppen ezek az izotópok a különösen veszélyesek?
- Mekkora lesz 600 év múlva a hulladék aktivitáskoncentrációja?
- Hány év múlva lesz az aktivitáskoncentráció akkora, mint az emberi testé (100 Bq/kg)?

3.feladat:

Milyen anyagból készült és milyen vastag fallal védekeznél az alfa, a béta, a gamma, és a neutronsugárzás ellen? Mindegyik sugárzás külön-külön és tisztán értendő: Indokolt meg válaszodat!

4.feladat:

A természetes urán 0,7 %-a ^{235}U , ez hasad termikus neutronok hatására. A ^{238}U elnyeli a neutronokat. Ezért természetes vizet használva lassítóanyagként, legalább 2%-ra dúsított uránban lehet csak láncreakciót indítani. A franciák Közép-Afrikában fölfedezték, hogy az ott található uránban 0,7 %-nál kevesebb ^{235}U van. Ebből arra következtettek, hogy ott a geológiai múltban természetes atomreaktor működött. Hogyan lehet ez, és mikor működhetett?

5.feladat:

Egy szoba levegőjének radon-aktivitáskoncentrációja 100 Bq/m^3 . Egy ebben a szobában lévő ember 5s-ként vesz lélegzetet, s egy lélegzetvételnél kb. 3 liter levegőt szív be a tüdejébe. Hány radon-atommag bomlik el a tüdejében egy óra alatt?

6.feladat:

Hasonlítsd össze stabilitás (megszaladás elleni védettség) szempontjából a paksi és a csernobili atomreaktorokat!

7.feladat:

Egy neutroncsillag tömege kb. akkora, mint a Napé ($2 \cdot 10^{30}$ kg), sűrűsége, mint az atommagé.

- Mekkora a neutroncsillag sugara?
- Mekkora a felszínén a nehézségi gyorsulás?

8.feladat:

Szilárd Leó és Walter Zinn megmérte, hogy az ^{235}U -ból hasadásonként átlagosan 2,5 neutron keletkezik. Tekintsünk egy képzeletbeli reaktorban 100 db maghasadást. Az ezekből létrejött neutronok közül 10 kiszökik a reaktorból, 8 elnyelődik a hűtővízben, 40 befogódik az ^{238}U -ban, valamennyit elnyelnek a szabályozórudak, a többi pedig ismét hasít. A neutronok hány százalékát kell elnyelni a szabályozórudaknak, hogy a neutronok száma időben ne változzék?

9.feladat:

Az atommagfúzió folyamata során az egyik reakció két deutérium atommag egyesülése héliummá. A fúzió során (elég magas hőmérséklet és nyomás esetén) a $^2\text{H} + ^2\text{H} \rightarrow ^4\text{He} + n$ folyamat végbemegy. A $^2\text{H} + ^2\text{H} \rightarrow ^4\text{He}$ folyamat egyáltalán nem megy végbe, a $^2\text{H} + ^2\text{H} \rightarrow ^4\text{He} + g$ folyamat pedig csak roppant kis valószínűséggel megy végbe.

- Mennyi energia szabadul fel ezekben a folyamatokban?
- Mi lehet az oka a bekövetkezési valószínűségekben megfigyelt különbségnek?

10.feladat:

Múmiából származó anyagdarabkát gondosan ellenőrzött körülmények között elégettünk, és a keletkezett széndioxid gázt felfogtuk. A felfogott gázt, amelynek tömege 220 mg, egy gáztöltésű számlálóba vezettük, amely a radiokarbon bomlását detektálja. Előzetesen megmertük, hogy 20 óra alatt 1600 "háttérbeütést" érzékelt a számláló. A széndioxid gáz betöltése után a számláló 20 óra alatt 2500 beütést számlált.

- Milyen régi lehet a múmia, ha feltesszük, hogy a detektálás hatásfoka 100 %, azaz nincs veszteség.
- Mekkora lehet a kormeghatározás bizonytalansága?
- Hogyan lehetne még pontosabban megmérni a múmia korát?

A feladatokhoz szükséges adatok a függvénytáblázatban vannak, néhányat azonban kiemelünk:

A ^{235}U felezési ideje 0,7 milliárd év, a ^{238}U felezési ideje 4,5 milliárd év, ^{222}Rn felezési ideje 3,8 nap. A $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ egyensúlyi arány a levegőben $2 \cdot 10^{-12}$, a ^{14}C felezési ideje 5568 év.
A proton tömege $1,67264864 \cdot 10^{-27}$ kg, a neutron tömege $1,67495440 \cdot 10^{-27}$ kg, a ^2H tömege $3,34368113 \cdot 10^{-27}$ kg, a ^4He tömege $6,64529112 \cdot 10^{-27}$ kg, a ^3He tömege $5,00661411 \cdot 10^{-27}$ kg.