

Országos Szilárd Leó Fizikaverseny – Elődöntő 2024.

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 használata tilos. Rendelkezésre álló idő: 180 perc.

1. Feladat:

(kitűzte: Szűcs József, Mester András emlékére || 5 pont)

(A Versenybizottság 2023-ban elhunyt tagjára emlékezve.)

Két különböző (x és y) radioaktív anyagot tartalmazó minta aktivitása kezdetben 256 millió bomlás volt másodpercenként. Az x jelű radioaktív anyag felezési ideje 12 nap, az y jelűé 15 nap. A minta aktivitását 60 nap elteltével ismét megmérték, ez 12 millió bomlás volt másodpercenként.

- Mennyi volt a két anyag aktivitásának aránya kezdetben?
- Mennyi lesz az aktivitások aránya még egyszer 60 nap (összesen 120 nap) elteltével?

2. Feladat:

(kitűzte: Szűcs József, Vastagh György emlékére || 5 pont)

(A Versenybizottság 2024-ben elhunyt tagjára emlékezve.)

A Föld tömege $6 \cdot 10^{24}$ kg. Ha valamennyi atomjának a magját egyetlen gömbbe sűríténénk össze, mekkora lenne ennek a gömbnek a sugara? (Az atomi elektronok tömegét hanyagoljuk el.)

3. Feladat:

(kitűzte: Papp Gergely || 5 pont)

Döntsük el, hogy az alábbi állítások igazak vagy hamisak. A válaszokat röviden indokoljuk meg!

- Több hidrogénatom van egy vízmolekulában, mint ahány csillag van az egész Naprendszerben.
- Egy attoszekundum nagyságrendileg úgy aránylik két emberi szívverés között eltelt időhöz, mint a két szívverés közötti idő az univerzum életkorához.
- A Földön az első önfenntartó láncreakció a Fermi és Szilárd munkásságához kapcsolódó chicagói atommaglyában valósult meg.
- A ciklotronokat elsősorban elektronok gyorsítására szokták használni.
- Szilárd Leó ellenezte az atombomba emberi áldozatokkal járó bevetését.

4. Feladat:

(kitűzte: Tarján Péter || 5 pont)

Egészítsük ki a következő magreakciókat a hiányzó szimbólumokkal, töltés- és tömegszámokkal!

- ${}^9\text{Be} + \text{??} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + \text{n}$
- ${}^{14}\text{N} + \alpha \rightarrow \text{??} + \text{p}$
- ${}^{97}\text{Mo} + \text{??} \rightarrow {}^{97}\text{Tc} + 2 \cdot \text{n}$
- ${}^{235}\text{U} + \text{n} \rightarrow {}^{87}\text{Br} + {}^{146}\text{La} + \text{?}$
- ${}^2\text{H} + \text{?} \rightarrow \text{p} + \text{n}$

5. Feladat:

(kitűzte: Sükösd Csaba || 5 pont)

Krausz Ferenc néhány száz attoszekundumos ($1 \text{ as} = 10^{-18} \text{ s}$) fényimpulzusok előállításáért kapott Nobel-díjat 2023-ban.

- Becsüljük meg egy 500 attoszekundumos impulzus térbeli kiterjedését a haladási irányban!
- Becsüljük meg ugyanezen impulzus lendületbizonytalanságát! ($c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

6. Feladat:

(kitűzte: Halász Máté || 5 pont)

Egy közelítőleg gömb alakú aszteroida kering a Nap körül 2 CsE távolságra; belsejében a benne lévő radioaktív izotópok bomlásából származó, egységnyi térfogatra eső hőtermelés $0,3 \text{ W/m}^3$. Az aszteroidát tekintjük abszolút fekete testnek. Mekkora az aszteroida sugara, ha állandósult felszíni hőmérséklete 22°C ? (A földi napállandó $S_F = 1360 \text{ W/m}^2$, 1 CsE az átlagos Nap-Föld távolság.)

7. Feladat:

(kitűzte: Radnóti Katalin || 5 pont)

Egy Firenze környékéről származó fabölcső kis letört darabját elégették, majd a keletkező szén-dioxid gázt felfogták és egy gáztöltésű számlálóba vezették, amely a ^{14}C izotóp bomlásából keletkező béta sugárzást detektálja 95%-os hatásfokkal. A felfogott gáz tömege 198 mg volt. A számláló 15 óra alatt 800 bomlást detektált. (A háttérsugárzás elhanyagolható.) Becsüljük meg, hogy milyen régi lehetett a fabölcső! Adatok: a ^{14}C és ^{12}C mennyiségeinek egyensúlyi referenciaarányát a levegőben vegyük $2 \cdot 10^{-12}$ -nek. A ^{14}C izotóp felezési ideje 5700 év.

8. Feladat:

(kitűzte: Szabó Róbert & Papp Gergely || 5 pont)

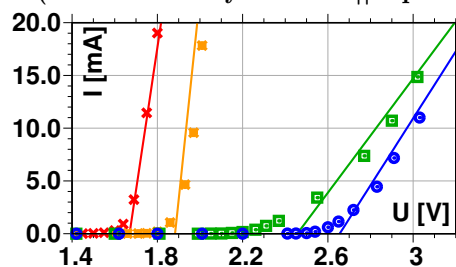
A világ első atombomba-robbanása a „Trinity” („Szentháromság”) kísérleti robbantás volt 1945. július 16-án. A bomba 6,19 kg plutóniumot tartalmazott, túlnyomórészt ^{239}Pu izotóp formájában. A robbanás energiája kb. 24,8 kilotonna TNT robbanásával volt egyenértékű. A becslések szerint ennek 5/7-ed részét adta a ^{239}Pu hasadásából származó energia.

- A plutónium atommagok hány százaléka hasadhatott el a robbanás során?
- Hány TNT kilotonnányi energia szabadulhatott volna fel a ^{239}Pu -ból, ha minden ^{239}Pu elhasad? Egy ^{239}Pu mag hasadásakor 188,4 MeV, 1 tonna TNT robbanásakor 4,184 GJ energia szabadul fel.

9. Feladat:

(kitűzte: Borbély Venczel || 5 pont)

A LED fénykibocsátása akkor történik, amikor nyitóirányú áram folyik, és az elektronok „visszaugranak” alacsonyabb energiájú állapotba a tiltott sávon keresztül. A Planck-állandó meghatározását célzó iskolai kísérletben változtatható feszültségű tápegységre nyitóirányban egy LED-et kapcsoltak, és több U feszültségen megmérték a diódán átfolyó $I(U)$ áram nagyságát. Különböző színű LED-ekkel kísérletezve, a táblázatban mellékelt nyitófeszültségeket mérték. Az $I(U)$ karakterisztikákból az ábrán szemléltetett módon határozták meg az $U_0 \equiv U(I = 0)$ nyitófeszültségeket, melyek az illesztett egyenesek metszéspontjai az x tengellyel. A LED-ek hullámhosszát az egyes LED-ek adatlapjából vették.



Szín	λ [nm]	U_0 [V]
Piros	620	1,67
Narancs	590	1,88
Zöld	520	2,46
Kék	460	2,66

Adatok: $e \approx 1,6 \cdot 10^{-19}$ C, $c \approx 3 \cdot 10^8$ m/s, $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Js.

- A táblázat adatait felhasználva határozzuk meg Planck-állandó legvalószínűbb értékét!
- Hány %-al tér el az így meghatározott Planck-állandó az irodalmi adattól?
- Okozhatja-e a mért eltérést a LED-ek hullámhosszána $\leq 10\%$ -os eltérése a megadott adattól?
A választ röviden indokoljuk!

10. Feladat:

(kitűzte: Gulyás Attila || 5 pont)

Egy gamma sugármezőbe helyezünk egy képzeletbeli, $10 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$, kocka alakú biológiai objektumot (sejtet), amelynek a sűrűségét közelítjük a víz sűrűségével.

- Egy óra alatt átlagosan mennyi γ -foton hat kölcsön a sejtrel, ha egy kölcsönható γ -foton által a sejtnek átadott átlagos energia 2 keV, és a sejt által kapott dózis 1 Gy óránként?
- Egy óra alatt átlagosan a fotonok hány %-a mehet át ezen a sejtlen kölcsönhatás nélkül, ha a fenti dózisteljesítmény egy pontszerűnek tekintett, gömbszimmetrikus sugárzású, 13,1 TBq aktivitású ^{137}Cs sugárforrástól 1 m távolságban mérhető? (A kocka egy oldallapja merőleges a sugárzás irányára. A ^{137}Cs béta-bomló; a béta-bomlását 85,1% valószínűséggel követi gamma-bomlás. A béta-sugárzás nem éri el a sejtet.)
- A forrásról tudjuk, hogy 662 keV energiájú gamma-fotonokat bocsát ki. Milyen kölcsönhatásokban adhat le energiát a sejtnek egy ilyen foton?