

Cserenkov-sugárzás vizsgálata kozmikus müonokkal

FELADATOK

- 1.) Készítsünk ábrát a berendezés fontos geometriai méreteiről, valamint a kábelezés pontos logikai és fizikai elrendezéséről!
- 2.) ^{90}Sr forrással határozzuk meg a négy trigger-PMT jelamplitúdójának nagyfeszültség-függését az 1400-1800 V intervallumban! Készítsünk grafikont! Legfeljebb mennyi energiát ad le a ^{90}Sr sugárzása a szcintillátorokban? Hogyan aránylik ez a müonok által leadott energiához?
- 3.) Állítsuk be a diszkriminátorok küszöbét a ^{90}Sr jelmaximum feléhez, majd a forrást eltávolítva mérjük meg a jelek frekvenciáját mindegyik PMT-re! Mit tapasztalunk? Hasonlítsuk össze a PMT-k egyenkénti, és a rudankénti koincidenenciák frekvenciáját! Határozzuk meg az optimális nagyfeszültség-értékeket!
- 4.) Határozzuk meg a szcintillátorrúd átlátszósági tényezőjét!
- 5.) Írjuk le, hogyan védtük ki a zajos PMT hatását, illetve milyen lépések kellettek ahhoz, hogy a koincidenenciák egyesével, és ne sorozatonként regisztrálódjanak! Milyen problémák léptek fel, és hogyan oldottuk meg őket?
- 6.) Mérjük meg a két rúd koincidenencia-jeleinek frekvenciáját! Ezek azok az események, amikor egy müon mindkét rúdon áthaladt. Számítsuk ki a rúdpár által lefedett térszöget ($\text{sr}\cdot\text{m}^2$ egységben)! A mért frekvenciából számítsuk ki a vertikális müonfluxust ($\text{sr}^{-1}\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ egységben)! Hasonlítsuk ezt össze az irodalmi adattal (az 1 GeV feletti energiájú müonok fluxusa tengerszinten a zenit irányában megtalálható itt: <http://pdg.lbl.gov/2007/reviews/cosmicrayrpp.pdf>, 24.3.1 fejezet).
- 7.) Mérjük meg az egyetlen rúdon áthaladó müonok számát időegységenként! Konzisztens-e ez az irodalomban talált értékkel/információkkal?
- 8.) A fentiek értelmezéséhez számítsuk ki, hogy milyen minimális energia kellett ahhoz, hogy a müont 8 emeletnyi, emeletenként 20 cm vastag betonréteg alatt detektáljuk!
- 9.) Helyezzünk ólomtéglaréteget a rudak közé! Mennyire csökkenti le az ólom a müonfluxust? Az ólom vastagságának ismeretében adjuk meg, hogy a müonok hány %-át állítja meg az ólomréteg, illetve adjunk statisztikailag korrekt felső becslést erre! Hasonlítsuk ezt össze a mérésleírásban található müon-impulzuseloszlás alapján várt értékkel!

- 10.) Eresszük le a vizet a tartályból fokozatosan, és mérjük meg a Cserenkov-fotonok számát, illetve a 4-es és 3-as koincidenciák arányát a vízmélység függvényében! Mit tapasztalunk?
- 11.) Mérjük meg a 4-es és 3-as koincidenciák számának arányát a trigger-detektorok pozíciójának függvényében! Ügyeljünk a korrekt statisztikus hibák meghatározására! Ábrázoljuk az arányt a pozíció függvényében, statisztikus hibák feltüntetésével!
- 12.) Mérjük meg és értékeljük ki a rudak működésének stabilitását: változott-e az előző feladatban mért müonfluxus az egyes mérési periódusok során? Változott-e a Cserenkov-PMT jeleinek rátája a mérés teljes időtartama alatt?
- 13.) A 9. pontban kapott eredmény alapján tehetünk egy egyszerűsítést azzal kapcsolatban, hogy az általunk detektált müonoknak milyen a sebességeloszlása. Ezt használva készítsünk részletes szimulációt és/vagy analitikus számolást a 10. és 11. pontban mért értékek értelmezésére. Vegyük figyelembe, hogy
- a Cserenkov-fotonok a kúppaláston haladnak, és azon belül izotróp módon keletkeznek,
 - a müonok irányának eloszlása nagyjából $\cos^2\Theta$ alakú,
 - csak azokat a müonokat vizsgáljuk, amelyek mindkét rúdon áthaladtak,
 - a keltett Cserenkov-fotonok átlagos száma a müon vízben megtett minden centiméterében azonos,
 - a Cserenkov-PMT megszólalásának valószínűsége minden fotonra azonos, 1-nél kisebb szám, és a PMT-re – lényegében egyszerre – több foton is érkezhethet,
 - a Cserenkov-PMT ablaka kör alakú, és nem pontszerű.
- A szimulációnk alapján határozzuk meg a víz törésmutatóját, és illesszük a többi paramétert is megfelelően. Értelmezzük a mért eredményeinket! Illesszük a kapott görbéket mérési adatainkra!
- 14.) Ismerve a logikai jelek szélességét, számítsuk ki a Cserenkov-PMT és a triggerjel közötti véletlen koincidenciák részarányát! Konzisztens-e ez a rúd legtávolabbi pozíciójában mért eredményeinkkel? Hogyan értelmezhetjük az eredményeket?