

Országos Szilárd Leó fizikaverseny II. forduló

2013. április 20.

Mérési feladat

Mágneses indukció nagyságának becslése β sugárzás eltérülésének segítségével

A radioaktivitás felfedezése (1896) után hamarosan megállapították, hogy a sugárzás általában három komponensre bontható mágneses vagy elektromos térben: α -, β -, és γ -sugárzásra. A béta sugárzás energiaspektruma folytonos, nincs jellemző energia, de megadható egy átlagos energia.

A mérés elve:

A vékony csőben lévő radioaktív izotópból béta-sugárzás lép ki a nyitott oldalon. A nagyjából egy irányba haladó (kollimált) β -nyalábot Geiger-Müller számlálócsővel detektáljuk. A mozgó elektronokat mágneses mezővel eltérítjük, és az előre megadott átlagos energia ismeretében az

eltérés szögének mérésével adunk becslést az eltérítő mágneses mező indukciójára.

A méréshez rendelkezésre áll

- egy sárgaréz kollimátorban elhelyezett radioaktív sugárforrás,
- egy számítógéphez csatlakoztatott Geiger-Müller számláló,
- egy tartóba erősített mágnespár,
- szögmérő

A mágnes átmérőjét és a β sugárzás átlagos energiáját a kísérletvezető tanár adja meg.

A feladat:

a) Először mérjük meg a sugárzási háttér intenzitását. Távolítsuk el a sugárforrást, és mérjük a beütésszámot hosszú ideig. Mérjük, és jegyezzük fel az eltelt időt is.

b) Mérjük meg a kollimátorból kijövő β sugárzás intenzitását, mágnes nélkül, több különböző szög mellett, annak érdekében, hogy a mért szögeloszlást majd összehasonlíthassuk a mágnes hatására módosult szögeloszlással. Az értékelésnél vegyük figyelembe a mért háttérrel is!

c) Vegyük fel a szögeloszlást a mágnes jelenlétében is. Határozzuk meg az átlagos szögeltérést.

d) A c) pontban meghatározott szög és az energia segítségével adjunk becslést az eltérítő mágneses mező indukciójára. Az indukció meghatározásánál figyelembe kell venni annak a lehetőségét, hogy az elektron sebessége a fénysebesség nagyságrendjébe eshet.

e) Határozzuk meg az eltérítő mágneses mező irányát, a mágnesek polaritását!

f) Elemezzük az eredményt. Milyen hibák adódhatnak a mérés során, és ezek mekkorák lehetnek? Miért csak nagyságrendi becslést ad ez a mérés?

Tanácsok a méréshez:

- Időt takaríthatunk meg, ha a feladat értelmezése közben már elkezdünk háttérrel mérni.

Országos Szilárd Leó fizikaverseny II. forduló

2013. április 20.

Mérési feladat

- Lehet, hogy egy-egy pont méréséhez hosszabb mérési időre van szükség. Ezt a háttér és a beütések számának ismeretében lehet meghatározni. A mérésre rendelkezésre álló idő rövid, ezért a kollimátort tekintjük szimmetrikusnak (elegendő csak az egyik oldalon mérni).

Segítség az energia kiszámításához:

1) Az eltérülés szögéből határozzuk meg először annak a körpályának a sugarát (R), amelyen a β részecskék haladnak. A mellékelt rajz alapján:

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{d/2}{R}$$

2) A mágneses térben haladó részecske p lendületét a B mágneses indukció és az R pályasugár ismeretében meghatározhatjuk abból kiindulva, hogy a körpályán tartáshoz szükséges erőt a mágneses Lorentz erő ($F = evB$) adja:

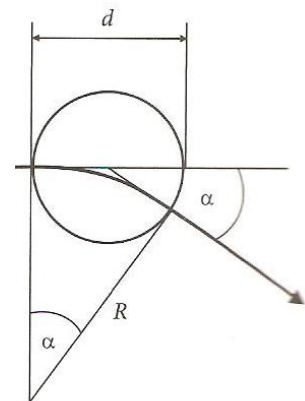
$$a_{cp} = \frac{F_l}{m} \text{ azaz } \frac{v^2}{R} = \frac{evB}{m} \text{ és ebből } p = eBR$$

3) Az energiából a lendületet a relativisztikus összefüggés segítségével határozzuk meg. Ebből visszaszámolva ki lehet számítani a mágneses indukció nagyságát.

Adatok: Átlagos energia, fénysebesség, elektron tömege, elektron töltése

$$E = \sqrt{p^2 c^2 + (m_0 c^2)^2} - m_0 c^2$$

Itt m_0 az elektron nyugalmi tömege ($m_0 c^2 = 0,511 \text{ MeV} = 0,8176 \cdot 10^{-13} \text{ J}$).



FONTOS!

Beadandó a „Mérési jegyzőkönyv”, amely tartalmazza a mérést végző azonosítóját, a mérések minden fontos paraméterét, a mért nyers adatokat, az eljárást (lépésenként), amellyel a végeredményhez eljutottunk, a végeredmény(ek)e, végeredmény(ek) hibáját és a hiba kiszámítási vagy becslési módját, az eredmények diszkutálását, valamint minden olyan információt, amely a mérés reprodukáláshoz szükséges. A mérési jegyzőkönyvnek olyannak kell lenni, hogy annak alapján bárki a mérést megismételhesse, és (a statisztikus hibákon belül) hasonló eredményt kaphasson