

Országos Szilárd Leó fizikaverseny kísérleti feladat

Döntő, 2007. április 28. Paks

β -sugárzás energiájára adott nagyságrendi becslés

A radioaktivitás felfedezése (1896) után hamarosan megállapították, hogy a sugárzás általában 3 komponensre bontható: α -, β -, és γ -sugárzásra. Az is kiderült, hogy a β -sugárzás során elektronok lépnek ki a sugárzó anyagból. Nagy meglepetést okozott viszont, hogy ezeknek az elektronoknak a megszokott kémiai energiáknál nagyságrendekkel nagyobb volt az energiájuk. Ebben a mérésben viszonylag egyszerű eszközökkel meghatározzuk egy β -sugárzó preparátumból kilépő elektronok energiájának a nagyságrendjét.

A mérés elve:

A kollimált (nagyjából egy irányba haladó) β -nyalábot Geiger-Müller számlálósóvel detektáljuk. A mozgó elektronokat mágneses mezővel eltérítjük, és a mágneses mező ismeretében az eltérülés mérésével adunk becslést az elektronok energiájára. Az erős állandó mágnesekkel létrehozott mágneses indukció erősségét egy árammal átjárt vezetőre (kengyelre) gyakorolt hatásából lehet meghatározni.

A forrás – sugárvédelmi okoknál fogva – igen kis aktivitású, ezért gondosan tervezze meg a mérést, hogy ne fusson ki a rendelkezésre álló időből!

A méréshez rendelkezésre áll:

- egy kollimátorban elhelyezett radioaktív sugárforrás (csak β -sugárzást bocsát ki),
- egy számítógéphez csatlakoztatott Geiger-Müller számláló,
- egy tartóba erősített mágnespár,
- egy felfüggesztett kengyel,
- árammérő,
- változtatható ellenállás,
- 9 voltos elem.

A mágnes átmérőjét és a kengyel adatait, (méret, tömeg) a kísérletvezető tanár adja meg.

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)t,
- a 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.

Folytatás (tanácsok és segítség) a következő oldalon

Tanácsok a feladat végrehajtásához:

- Először mérjük meg a „**hátteret**”. Távolítsuk el a kollimált sugárforrást, és mérjük a beütésszámot lehetőleg hosszú ideig. A mért beütésszám mellett jegyezzük fel azt is, hogy mennyi ideig mértünk.
- Mérjük meg a kollimátorból kijövő β sugárzást **mágnes nélkül**, több különböző szög mellett annak érdekében, hogy a mért „szögeloszlást” majd összehasonlíthassuk a mágnes jelenlétében mért szögeloszlással. A mért beütésszámokat korrigáljuk a háttérrel!
- Vegyük fel a szögeloszlást ismét, ezúttal a **mágnes jelenlétében**. A szögeloszlást összehasonlítva az előző pontbeli szögeloszlással, határozzuk meg az eltérítés szögét !
- A **mágneses indukció erősségének meghatározása** a kengyel segítségével:
Célszerű a kengyelt a mágneses mező széléhez tenni, és akkora áramerősséget beállítani a potenciométerrel, hogy a kengyel kitérítve kerüljön a mágneses mező közepére. A kitérítés szögéből (a kengyel adatainak az ismeretében) határozzuk meg a kengyelre ható erő nagyságát, és ebből a mágneses indukció értékét!
- A c) pontban meghatározott szög és a d) pontban meghatározott mágneses indukció segítségével adjunk becslést az elektronok átlagos energiájára! Az energia meghatározásánál figyelembe kell venni, hogy az elektronok sebessége a fénysebesség nagyságrendjébe eshet.
- Diszkutáljuk (elemezzük) az eredményt. Milyen hibák adódhatnak a mérés során és ezek mekkorák lehetnek? Miért csak nagyságrendi becslést ad ez a mérés?

Néhány segítség:

1) Az eltérítés szögéből határozzuk meg először annak a körpályának a sugarát , amelyen a β -részecskék mozognak:

A rajz alapján: . A szög mérésével így R meghatározható.

2) A mágneses indukció erősségének a meghatározása:

Ha a kengyelben I áramerősség folyik, és a kengyel éppen a d átmérőjű mágnes „közepére” lóg be, akkor a rá ható erő:

. Az F erőt pedig a kengyel függőlegestől való kitérülésének szögéből  lehet meghatározni (egyszerű statikai feladat). Vegyük figyelembe, hogy a súlyerő a kengyel súlypontjában „hat”, a mágneses mező pedig a kengyelnek a mágneses mezőben lévő részén!

3) A mágneses térben haladó részecske p lendületét a B mágneses indukció és az R pályasugár ismeretében meghatározhatjuk abból kiindulva, hogy a körpályához szükséges centripetális erőt a mágneses Lorentz-erő  adja:

, azaz , és ebből .

4) A lendületből az energiát relativisztikus összefüggés segítségével határozzuk meg.


Itt  az elektron nyugalmi tömege .