

Műtrágya minta K_2O koncentrációjának meghatározása ^{40}K aktivitáskoncentrációjának mérésével

Bevezető A káliumnak a természetben három izotópja fordul elő: ^{39}K (93,3%), ^{40}K (0,012%) és a ^{41}K (6,7%). A káliumot tartalmazó anyagok sugároznak a radioaktív ^{40}K tartalom miatt. Bár a ^{40}K alacsony előfordulása miatt egy relatíve alacsony aktivitáskoncentráció van jelen, a mennyiségük mégis mérhető gamma-sugárzást mérő érzékeny eszközökkel. Az ilyen anyagok mérését ún. Marinelli-típusú mérőedényben szokták megvalósítani. Ebben a geometriában a minta közelről és nagy térszögben veszi körbe a detektort, így viszonylag sok gamma-foton éri el a detektort (nagy a geometriai hatások), ezért rövid mérési időn belül kivitelezhetők alacsony aktivitáskoncentrációjú minták sugaras mérései is. A káliumtartalom a műtrágyák egyik legfontosabb jellemzője, erről a műtrágyák címkéin szereplő százalékos K_2O jelölés tájékoztat, ez a műtrágyában levő kálium-oxid koncentrációját adja meg.

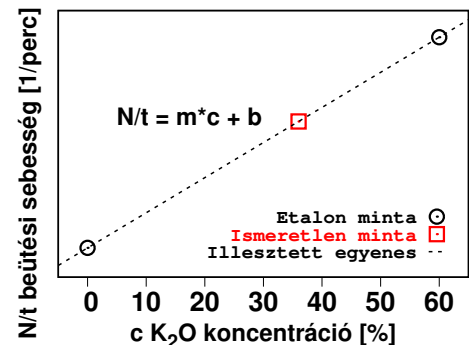
A K_2O koncentráció értéke 0% és 60% között változik.

A mérési feladat során Marinelli-mérőedénnyel három műtrágya mintát kell mérni: két ismert (0% és 60%) K_2O tartalmú etalon-minta, amellyel a mérőeszköz besabályozását/beállítását végezzük el, illetve egy ismeretlen K_2O tartalmú minta.

A detektor (GM-szonda) a Marinelli-mérőedényes felhasználásunknál csak gamma-sugárzást mér, a gamma-fotonok beütéseit számolja, összegezi. A beütések összegzésével szimultán mérjük az időt. Ha t idő alatt N beütést mérünk, akkor a beütési sebesség N/t . A beütési sebesség arányos a ^{40}K aktivitáskoncentrációval, így a kálium koncentrációval, ez által a K_2O koncentrációval. Az arányosság jó közelítéssel lineárisnak vehető. Az összefüggés egyenlete:

$$\frac{N}{t} = m \cdot c + b,$$

ami megteremti kapcsolatot a GM-szonda beütési sebessége (N/t) és a műtrágya minták K_2O koncentrációja (c) között. Itt m a lineáris arányosság egyenesének meredeksége, b az y tengely metszete (lásd 1. ábra). A nem nulla y tengelymetszetnek a háttérsugárzáshoz van köze.



1. ábra. GM-szonda besabályozása K_2O koncentráció meghatározására konverziós egyenessel.

Megjegyzés: A természetes háttérsugárzás mérhető mindenfajta sugárforrás nélkül a szabadon álló detektorokkal. Ez a sugárzási szint, egy eltolást vezet be a mérésekbe. Ha a detektort körbe vesszük egy vastag inaktív anyagmintával (Marinelli geometria), akkor ez a vastag anyag árnyékoló hatást fejt ki a kívülről jövő sugárzások ellen, azaz a természetes háttérsugárzás szinttől alacsonyabb sugárzási szint mérhető. Ez a minta-háttérsugárzás (de nem a mintából jön!). Ezt az inaktív minta-háttérsugárzási értéket használhatjuk aktív anyagminták esetére is, ha lényegesen nem tér el a minták sűrűsége és elemeinek átlagrendszáma.

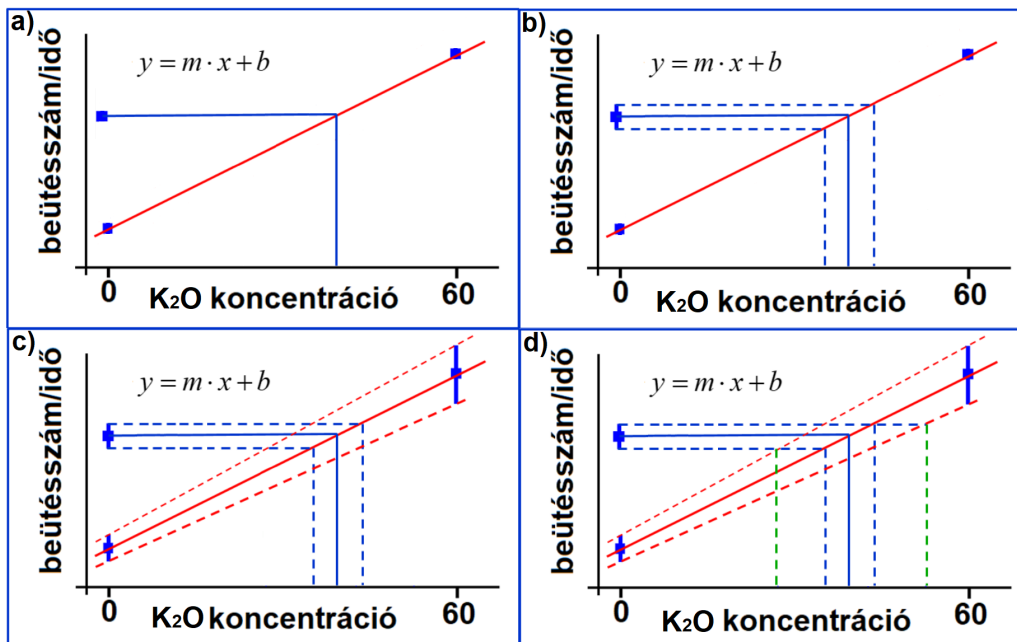
A méréshez szükséges eszközök

- Marinelli-mérőedény,
- GM-szonda mérőeszköz és mérőszoftver,
- Háromféle műtrágya vödörben (0%, 60%, ismeretlen %),
- Műtrágyaadagoló kanál,
- Munkavédelmi eszközök (védőszemüveg, maszk).

A mérés és kiértékelés menete

- A „0%”, „60%” és „?” felirattal ellátott nagy vödrökben granulátumos műtrágya található. Adagoló kanállal a mintákat mindenkinek önállóan kell kiadagolnia a saját Marinelli-mérőedényébe, majd a lemért mintát a megfelelő nagy vödörbe visszaönteni. A háromfajta mintát ugyanabban a mintatartóban kell mérni egymás után, ugyanolyan szintig és tele kell tölteni a három alkalommal. Az edény mérőcsővébe be kell helyezni a GM-szondát, koppanásig lassan le kell engedni. A mérést bármely mintával el lehet kezdeni, bármely sorrendben le lehet folytatni.

- 2) Mindhárom minta esetében egy gyors 1 perces méréssel és a statisztikai bizonytalanság értelmezésével állapítsunk meg egy olyan mérési időt, ahol a relatív statisztikai bizonytalanság kb. 5%-ra esik le. Egy N beütésszámot adó mérés statisztikai bizonytalansága $\sqrt{N}$, relatív statisztikai bizonytalansága pedig $\sqrt{N}/N = 1/\sqrt{N}$. Végezzünk el ezzel az időintervallummal egy mérést az adott mintára és ebből a hosszabb mérésből számított beütési sebességgel dolgozzunk tovább. Az összegzési idő beállítható a szoftverben. Az N/t beütési sebesség relatív bizonytalansága is $1/\sqrt{N}$, mivel az időmérés relatív bizonytalansága sokkal kisebb, és így elhanyagolható.



2. ábra. A mérési bizonytalanság kiértékelésének illusztrációja.

- 3) A három mért minta adataival végezzünk kiértékelést a 2. ábra alapján.
- Ábrázoljuk az etalon-minták beütési rátáját a K_2O koncentrációjuk függvényében. A grafikon és az adatok segítségével határozzuk meg az m és b paramétereket, majd az ismeretlen minta K_2O koncentrációját (2a ábra).
 - Számítsuk ki az ismeretlen minta K_2O koncentrációjának azt a bizonytalanságát, ami csak az ismeretlen minta beütési sebességének statisztikai bizonytalanságából fakad (2b ábra, kék szaggatott vonalak). Lásd a beütési sebesség relatív bizonytalanságára vonatkozó megjegyzést a fenti 2) pontban.
 - Az ismeretlen minta K_2O koncentrációjának bizonytalanságára azonban nem csak az ismeretlen minta statisztikai bizonytalansága van hatással! Végezzünk számításokat és értékelést a konverziós egyenes paramétereinek (m és b) bizonytalansága vonatkozásában is, az etalon-minták beütési sebességének statisztikai bizonytalansága segítségével (2c ábra, piros szaggatott vonalakkal jelölt sáv).
 - Végezzünk számításokat és értékelést, hogy a konverziós egyenes paramétereinek (m és b) bizonytalansága milyen hatással van az ismeretlen minta K_2O koncentrációjának bizonytalanságára (2d ábra).
- (Megjegyzés: a bizonytalanságok értékelésére és terjedésére más matematikai eljárás is használható, mint ami a folyamatábra alapján létrehozható.)
- Milyen egyéb bizonytalanságok és hibák merülhetnek fel a mérés és kiértékelés alkalmával?
 - A mérésről és kiértékelésről készítsünk jegyzőkönyvet. A jegyzőkönyvet készíthetjük a mérőhelyen rendelkezésre álló számítógépen található táblázatkezelő és/vagy szövegszerkesztő szoftver segítségével, illetve kézzel írva is. Ha számítógéppel készítjük, akkor is kell egy „kézi” jegyzőkönyvet beadni, azonban azon elegendő megjelölni, hogy a számítógépen milyen fájlnevet találhatók a gépi jegyzőkönyv. Pl: „Gépi jegyzőkönyv fájlneve: 25.docx” (Itt a „25” a versenyző kódja). A fájlnevet tilos a saját névre bármilyen utalást tenni (pl. név kezdőbetűi).



3. ábra. A GM-számláló program elindítása.

A 3. ábra mutatja a GM számlálócső programjának elindítását:

- i. Keressük meg a program ikonját, azzal indul a program.
- ii. A menüben balra fönt (Üzem módok) kell kattintani,
- iii. és a Számláló opciót kell kiválasztani.

(A programnak más egyéb funkciói is vannak, amiket most nem használunk.) A megnyíló ablakban egyedül a „Mérési idő” állítható, ennyi másodpercig fog számlálni. Az „Ido” mutatja az eltelt időt másodpercben. A „Beütésszám” mutatja az eltelt időig összegzett beütésszámot. Ha a „Stop a mérési időnél” jelölő be van ikszelve, akkor a mérési idő leteltével megáll. Ha nem, akkor újra indul, és a „Beütésszám” melletti mezőben eltárolja a legutóbbi beütésszámot (hogy legyen idő leírni, amíg a következőt méri, stb.).

A GM-cső egy ún. végablakos GM-cső. Most az igen vékony és érzékeny végablakot nem használjuk, **de vigyázzunk rá!** A cső kb. 500 V feszültséggel működik. Az illesztő eszköz ezt a feszültséget biztosítja a cső számára és a jeleket közvetíti a számítógép felé az USB-porton.