

# Radioaktív nyomjelzés

# A radioaktív nyomjelzés alapelve

- **Kémiai indikátorok:** ugyanazoknak a követelményeknek kell eleget tenniük, mint az indikátoroknak általában: jelezniük kell valamely elemnek ill. vegyületnek a jelenlétét, koncentrációját egy adott helyen és időben oly módon, hogy közben ők maguk a vizsgált folyamatot nem befolyásolják.
- **Izotópindikátorok**
  - Általános követelmények
  - Speciálisan a radioaktív izotópokra vonatkozó követelmények.

# Általános követelmények

- **Érzékenység:** az izotóp bomlási sebességétől, illetve ebből következően a mérhető aktivitástól függ.

PI: 1000 cpm intenzitás általában könnyedén mérhető. Ha a mérést 10 % hatásfokkal tudjuk végezni, akkor ehhez 10 000 dpm aktivitásra van szükség. Legyen az izotóp felezési ideje 60 perc (ilyen izotóp a  $^{212}\text{Bi}$ ).

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} N$$

$N=9 \cdot 10^5$  részecskét kapunk. Ez azt jelenti, hogy  $9 \cdot 10^5 / 6 \cdot 10^{23} = 1,5 \cdot 10^{-18}$  mol anyagmennyiség már jól mérhető.

- A sugárzás legyen **jól mérhető**.
- A módszer legyen **szelektív**: izotóp tulajdonságaitól függ.

# Általános követelmények

- **Homogenitás:** Egy radioaktív izotóp akkor oszolhat el egyenletesen az adott rendszerben, azaz az elegyedési entrópia akkor maximális, ha az izotópot eleve a vizsgálni kívánt vegyülettel azonos kémiai formában visszük be, vagy ha gyors csere játszódhat le a különböző kémiai formák között. Ez nem mindig valósul meg önmagától. Például a hemoglobinban levő vas és oldatban, ionos formában levő  $^{55}\text{Fe}$ -izotóp között gyakorlatilag nem megy végbe izotópcsere, mivel a hemoglobinban a vas kötési energiája nagy.

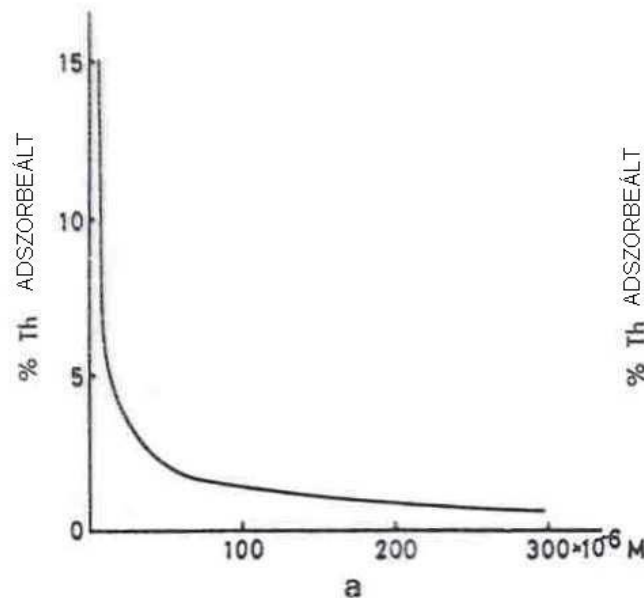
# Hordozómentes és hordozót tartalmazó radioaktív anyagok

**Hordozómentes** radioaktív izotóp az a készítményt, amelynél csak a radioaktív izotóp van jelen, és nem hígítja vele azonos kémiai elem nem radioaktív izotópja. A nagyon kis koncentráció miatt a kémiai tulajdonságok eltérhetnek a makroszkópos koncentrációban megszokottól.

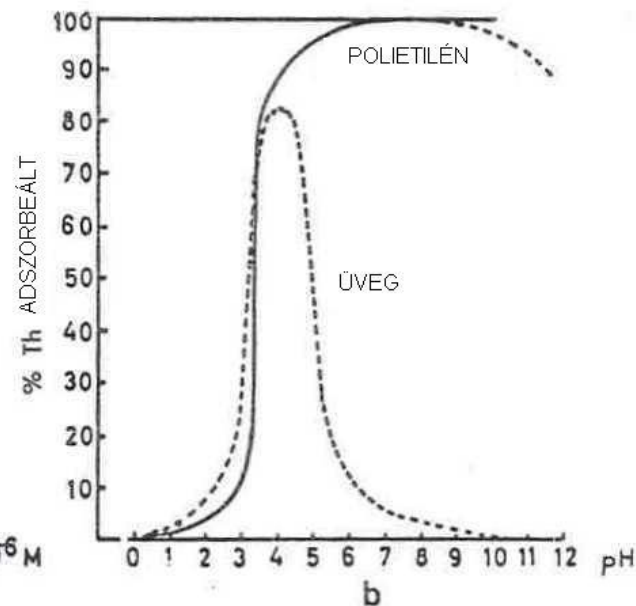
A radioaktív izotópot nagyobb mennyiségű kémiaailag azonos inaktív izotóp, ún. **hordozó** hígíthatja. Hordozó esetén a nyomjelző izotóp és az inaktív hordozó együttes koncentrációja a szokásos kémiai koncentrációk tartományába esik, a kémiai tulajdonságok a szokásos képet mutatják.

# Ultrahíg oldatok tulajdonságai

Mindig heterogén rendszernek tekinthetők, az oldatban levő részecskék száma összemérhető a jelenlevő határfelületeken (edényzet fala, oldat/levegő határfelület, stb.) található részecskék számával. Az izotóp megkötődhet azokon, aktivitása jelentősen csökken.



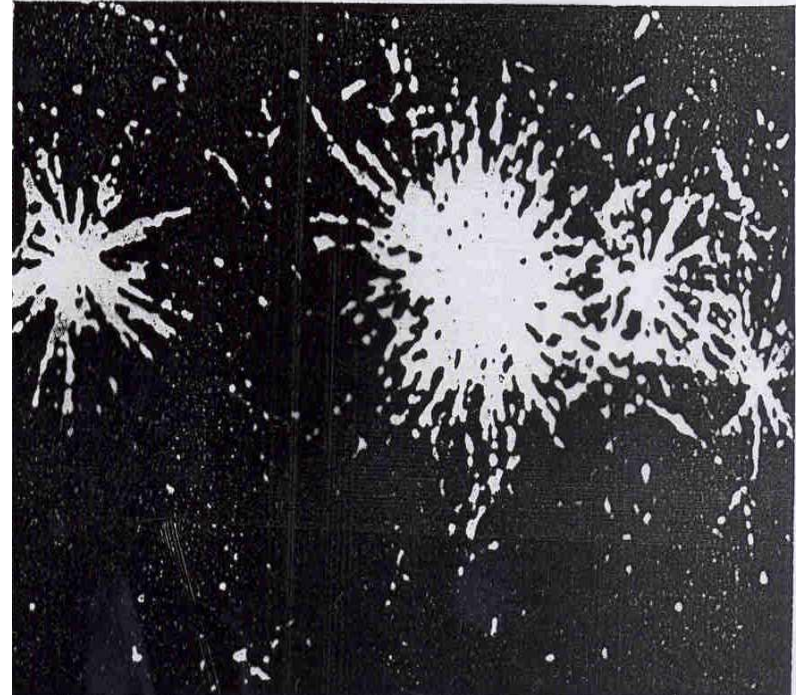
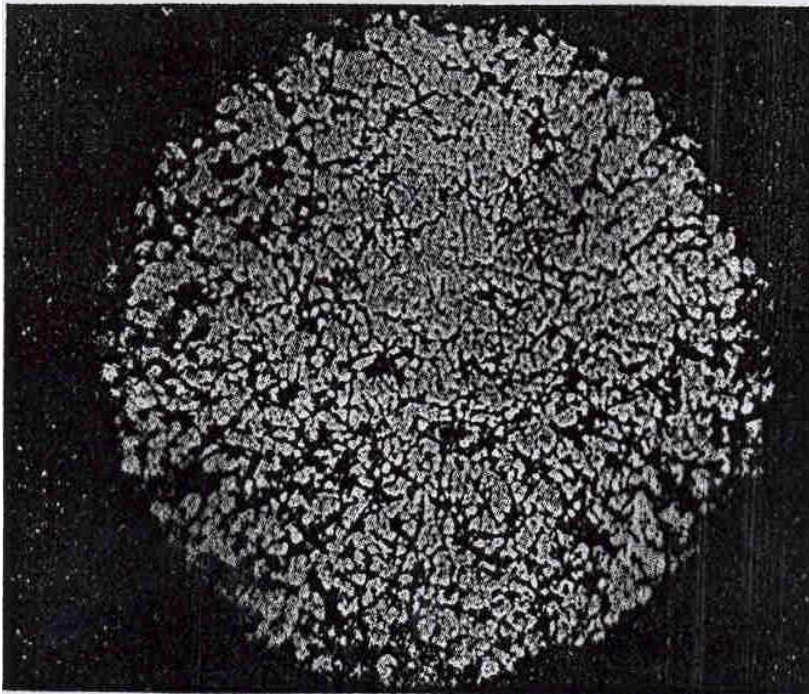
10 ml-es pipettán megkötött Th mennyisége



$2 \cdot 10^{-8}$  mol/dm<sup>3</sup> tórium-perklorát oldatból megkötött Th mennyisége

# Radiokolloidok képződése

Kicsapódás az oldékonysági szorzat alatt. Az oldatban jelenlevő bármilyen „szennyezés” (levegőbuborék, por, cellulózsál, hidrolitikus termékek, nagyobb molekulák, stb.) gócként viselkedik.



# Hordozómentes radioaktív oldatok készítése

A nem túl hosszú felezési idejű radioaktív izotópok anyagmennyisége rendkívül csekély. Például 1 kBq aktivitású, 100 éves felezési idejű hordozómentes radioaktív izotóp kb.  $7,5 \cdot 10^{-12}$  mól anyagmennyiséget jelent. Éppen ezért az oldat készítésénél igen nagy gonddal kell eljárni. A törzsoldatot általában  $10^{-1}$  vagy  $10^{-2}$  mol/dm<sup>3</sup> tömény savoldatokban tartjuk és ebből hígítunk tovább. Minden egyes hígításnál legalább 12 órát várunk, mivel a hordozómentes izotópok az oldószer öndiffúziójával elegyednek az oldatban és ezt keveréssel is csak igen kis mértékben lehet gyorsítani. A hígításnál csak fokozatosan szabad a hígítószer (víz) pH-ját növelni azért, hogy a radiokolloid-képződést elkerüljük. A kész oldat radioaktivitását megfelelő időközönként ellenőrizni kell. Általában csak nagyon tiszta oldószereket (bi-, tridesztillált vizet) szabad használni, hiszen még így is több nagyságrenddel nagyobb mennyiségű szennyező anyagot tartalmaz maga az oldószer, mint a nyomjelző teljes mennyisége.



# Termodinamikai következmények

A nagyon kis koncentrációk miatt a határfelületeken nem alakul ki teljes, monomolekuláris borítottság. Ilyenkor az a termodinamikában használatos feltétel, hogy a szilárd felület aktivitása egységnyi, nem teljesül. Ennek következtében pl. a Nernst-féle összefüggést teljes alakjában kell használni:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - \frac{RT}{zF} \ln \frac{a_{ox}}{a_{red}}$$

$\varepsilon$  a redoxpotenciál,

$\varepsilon_0$  a standard redoxpotenciál,

R a gázállandó,

T a hőmérséklet,

z a töltésszám változása,

F a Faraday-szám,

$a_{ox}$  és  $a_{red}$  pedig az oxidált ill. redukált forma aktivitása.

# Elegykristály-képződés a makrokomponensekkel

Doerner-Hoskins-féle egyenlet

$$\ln \frac{a}{a-x} = \lambda \ln \frac{b}{b-y}$$

Henderson-Kracek-féle összefüggés

$$\frac{y}{x} = D \frac{b-y}{a-x}$$

D, ill.  $\lambda$  az elválasztási tényező,  
a és b a makro- ill. mikrokomponens mennyisége a teljes rendszerben,  
x és y a makro ill. a mikrokomponens mennyisége a kristályfázisban.

# Speciális követelmények

- A bomlás következményei
  - csökken az aktivitás
  - a sugárzás kémiai, biológiai hatásai – sugárvédelem, hulladékkezelés
  - leányelemek hatása a szelektivitásra, mérés technikára, különös tekintettel a radioaktív leányelemekre.
- A nyomjelző speciális tulajdonságai
  - izotóphígítás
  - izotópcsere
  - izotópeffektusok