

Radioaktív izotópok ipari alkalmazása

Ipari rendszerek jellemzői

- Nagy méretek - nagy érzékenységű módszerek
- Zárt rendszerek
- Igény a gyors vizsgálatokra
- Folyamatos technológiák – on-line vizsgálatok

Nyomjelzés nyitott radioizotópokkal

- Nyomjelzés alapkövetelménye: minőségi, mennyiségi elemzés
 - Kémiai nyomjelzés
 - Fizikai nyomjelzés
 - Felületi nyomjelzés: szemcsék felületén radioaktív kolloiddal

Nyomjelzésre használt nyitott radioizotópok

- Sugárfizikai követelmények
 - Rövid (néhány nap) felezési idő
 - Viszonylag nagy energiájú gamma-sugárzás
 - Könnyű, olcsó előállítás (n, γ)
- Fizikai, kémiai követelmények
- A nyomjelző előkészítése
- Radioaktív hulladékok tárolása

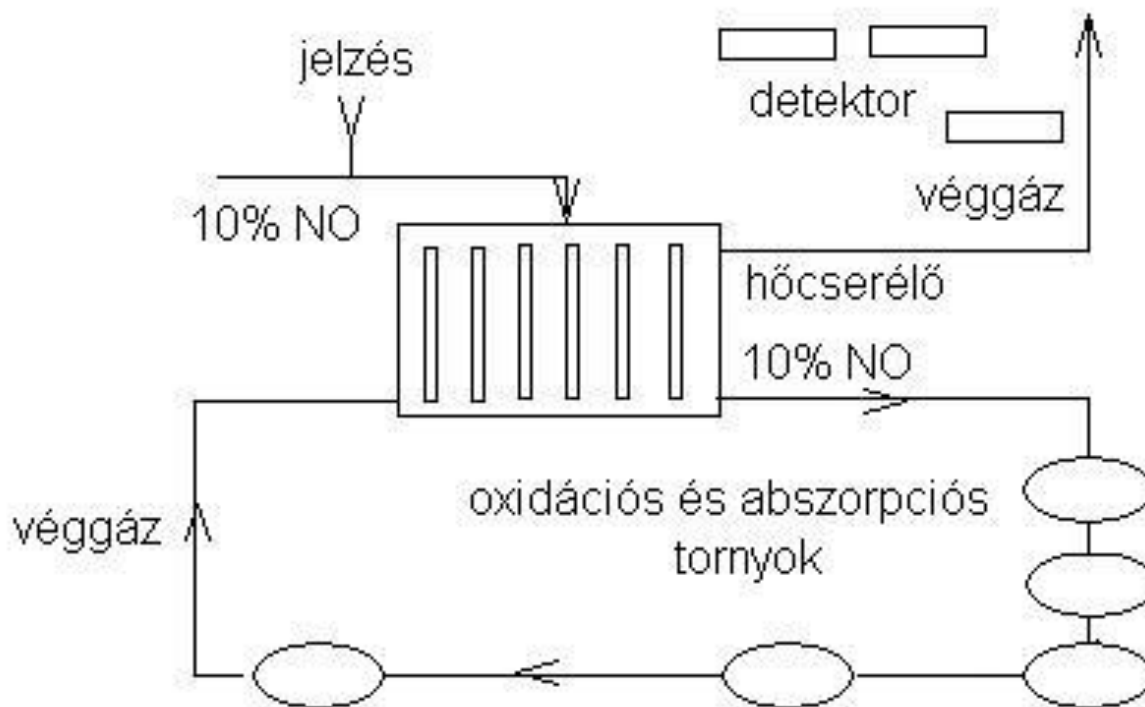
Az ipari nyomjelzéses vizsgálatokhoz használt radioizotópok

Radioizotóp	Felezési idő	γ foton energia, (keV)	Felhasználási cél
Na-24	15 óra	1370	Szilárd, szemcsés anyagokhoz
K-42	12 óra	1520	Szilárd, szemcsés anyagokhoz
Sc-46	84 nap	890	Szilikátipari anyagokhoz
Cr-51	28 nap	323	Fém ötvözetekhez
Mn-56	2,6 óra	1360	Fém ötvözetekhez
Fe-59	45 nap	1100	Vas alapú anyagokhoz
Cu-64	13 óra	510	Fém ötvözetekhez
Zn-65	245 nap	1110	Fém ötvözetekhez
Br-82	36 óra	780	Víz mozgásának követésére
I-131	8 nap	360	Halogénezéshez
Rb-86	19 nap	1080	Szilárd, szemcsés anyagokhoz
Ag-110m	253 nap	660	Fém ötvözetekhez
La-140	40 óra	1600	Szilikátipari anyagokhoz
Au-198	2,7 nap	412	Kolloidként szemcsés anyagokhoz
Hg-203	47 nap	279	Higanykatódos elektrolízishez
Kr-85	10 év	510	Gázok nyomjelzésére

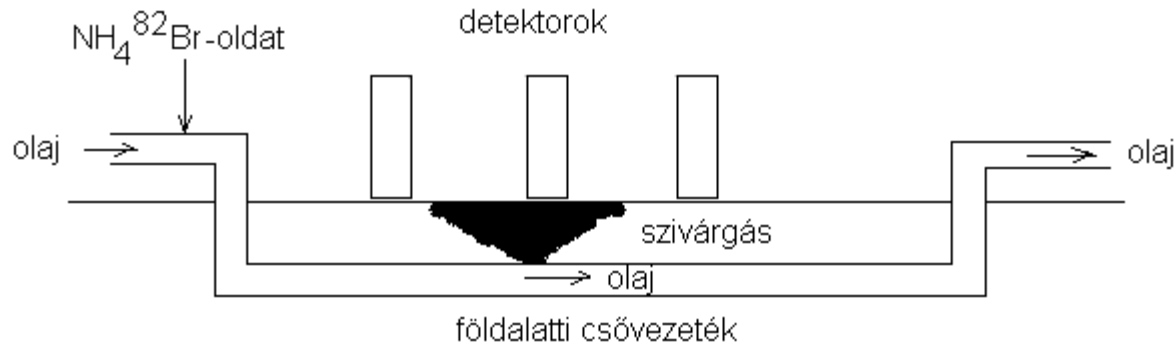
Szivárgások felderítése

- Hőcserélők
- Kőolajvezetékek: $\text{NH}_4^{82}\text{Br}$
 - Kimutatása a talajban: végig mérnek a vezeték mentén
 - Detektor együtt mozog az olajjal: kisebb aktivitás elegendő
- Gáznyomás alatt működtetett villamos erőátviteli kábelek szivárgási helyeinek felderítése
- Gáztöltésű távbeszélő kábelek lyukadási helyeinek meghatározása
- Bitumennel bélelt betontartályok meghibásodási helyeinek behatárolása.

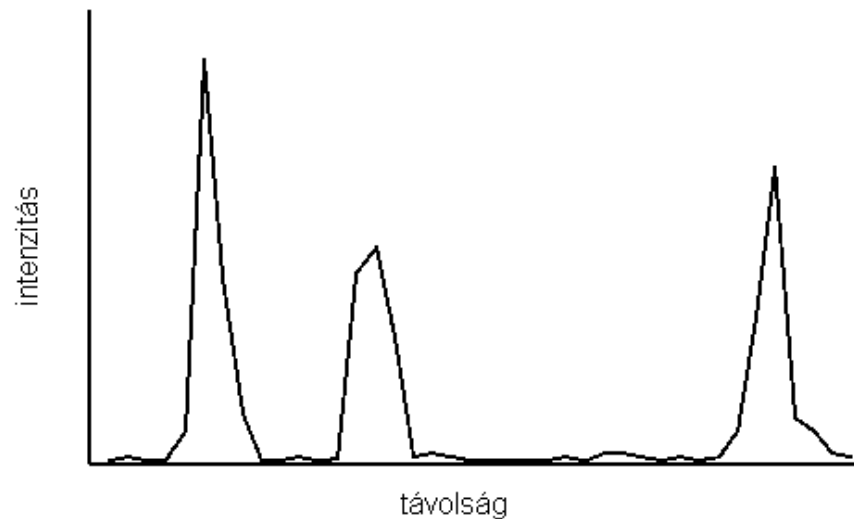
Hőcserélőben bekövetkező szivárgási veszteség meghatározása



Kőolaj távvezeték szivárgásvizsgálata



Kőolaj távvezeték szivárgási helyeinek impulzusszám – távolság diagramja

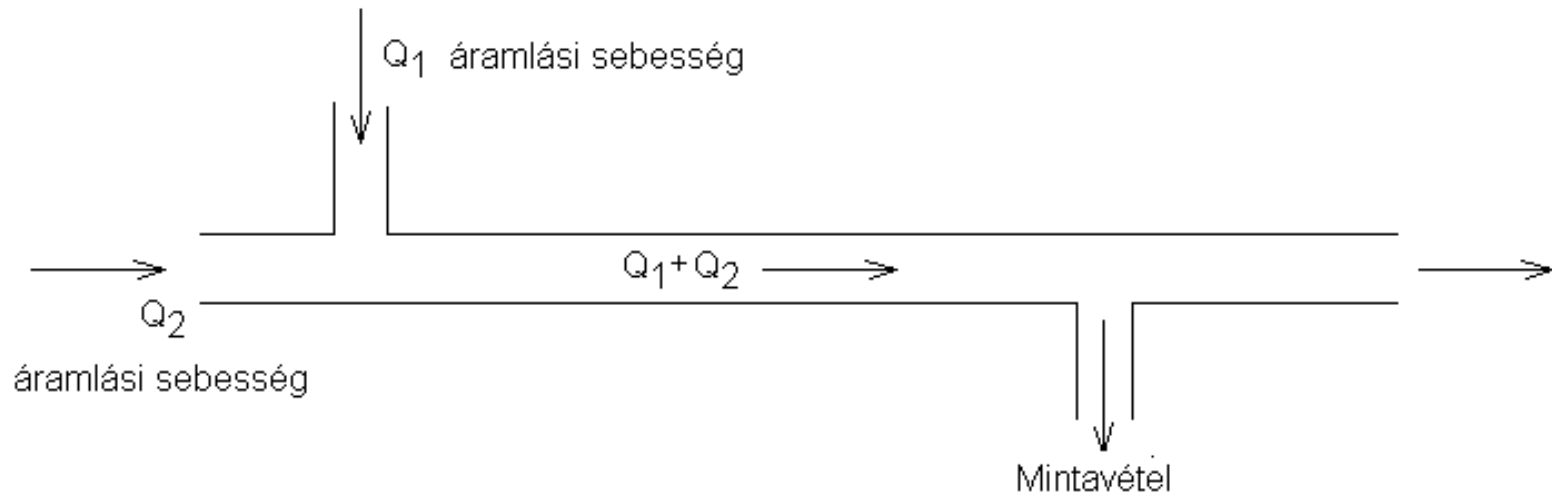


Áramlási sebességek meghatározása

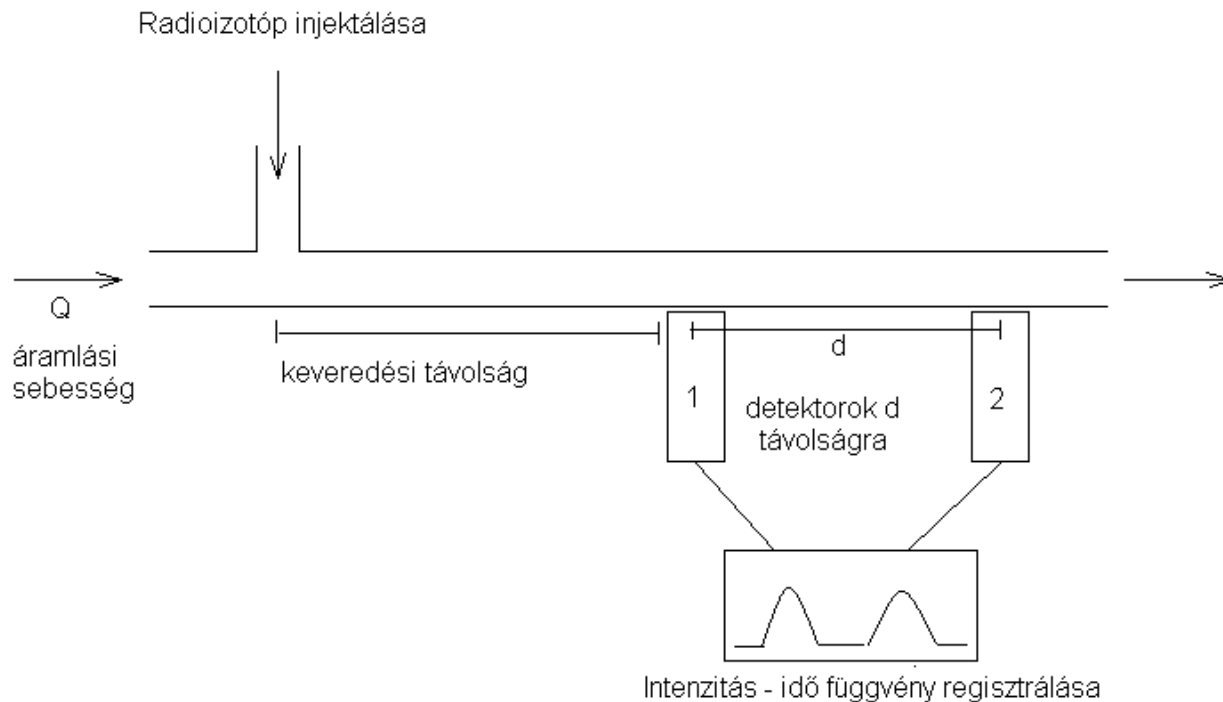
- Közvetlenül térfogatsebesség (térfogat/idő) értéket szolgáltat
- Több fázis esetén (pl. pneumatikus porszállításkor) az egyes fázisok térfogatsebessége külön-külön is meghatározható
- Lineáris térfogatsebesség meghatározása (pl. rotaméterek): peak-to-peak módszer

Áramlási sebességek meghatározása

Radioizotóp injektálása



Két detektoros 'peak-to-peak' sebesség meghatározás



$$v = \frac{L_2 - L_1}{t_2 - t_1}$$

Anyagmennyiségek meghatározása

- Izotóphígítási analízis: ismert fajlagos aktivitású (i_0) (aktivitás/tömeg) és mennyiségű (m_0) radioaktív nyomjelzőt adunk az ismeretlen mennyiségű (tömegű) (m) mintához. Teljes elkeveredés után mintát veszünk, meghatározzuk a homogén elegy radioaktív koncentrációját. A hígítás miatt a fajlagos aktivitás csökken (i). A csökkenés mértékéből az ismeretlen mennyiség (tömeg, térfogat) kiszámítható.

$$m = m_0 \left(\frac{i_0}{i} - 1 \right)$$

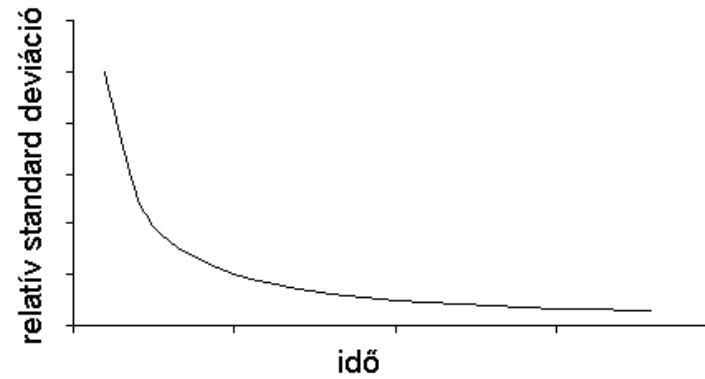
- Teljesen hasonlóan tömeg helyett térfogatokkal is számolhatunk.

Anyagmennyiségek meghatározása

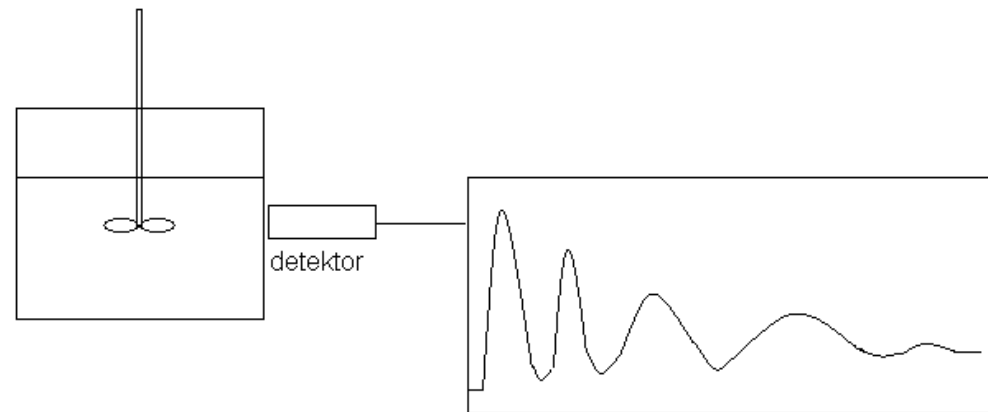
- Klóralkáli elektrolíziscellákban keringő higany (higanykatód) mennyiségének meghatározása Hg-203 izotóppal
- Nagyolvasztókban, kúpoló kemencékben lévő salakmennyiség meghatározása
- Villamos kemencékben lévő fémolvadék mennyiségének meghatározása
- Cementgyári fluidizációs homogenizálókban az ürítés után visszamaradt nyersliszt mennyiségének meghatározása.

Keverékek homogenitásának vizsgálata

Mintavételes módszer



Külső detektoros technika



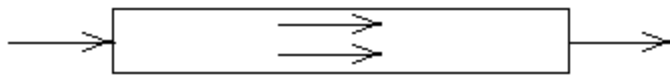
Intenzitás - idő függvény regisztrálása

Keverékek homogenitásának vizsgálata

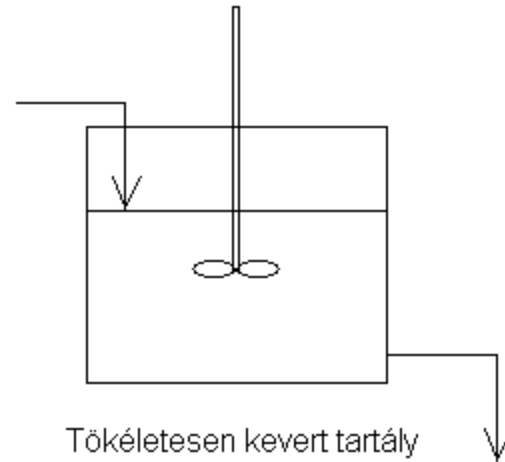
- Keményfém gyártás komponenseinek (Co és W fémpor) homogenizálása
- Porcelánmassza komponenseinek homogenizálása az egyik por komponens jelzésével
- Porcelánmassza nedvesítésének homogenitása a nedvesítőszer nyomjelzésével
- Cementgyári nyersliszt fluidizációs homogenizálásának vizsgálata Au-198 kolloid nyomjelző izotóp alkalmazásával

Áramlástípusok jellemzése, vegyipari műveleti paraméterek meghatározása

Dugattyú típusú és kevert tank típusú áramlás képe (áramlási alaptípusok)



Dugattyú áramlás

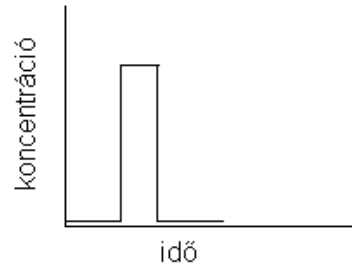
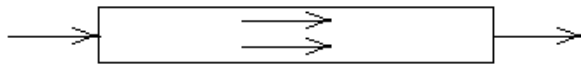


Tökéletesen kevert tartály

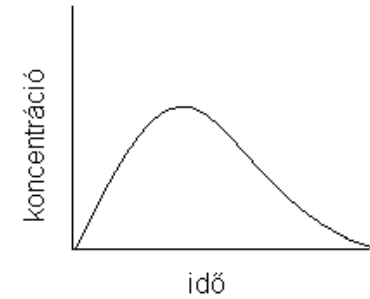
- az anyag átlagos tartózkodási ideje
- a holtterek nagysága
- impulzusszám-idő görbék

Áramlási paraméterek vizsgálata

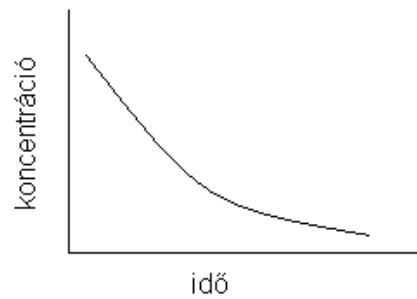
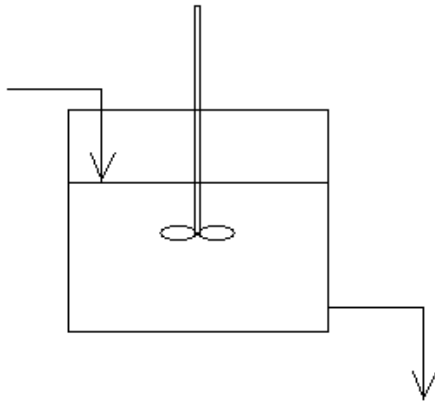
Dugattyú áramlás



Reális áramlás

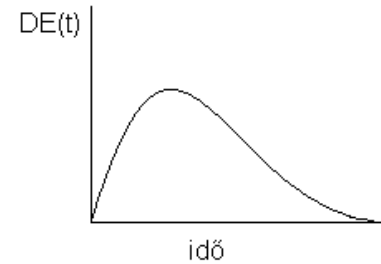


Tökéletesen kevert tartály



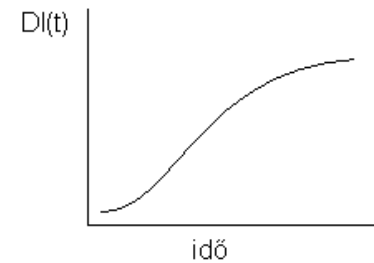
Áramlástanai alaptípusok

- Sűrűségfüggvény



$$DE(t) = \frac{c(t)}{\int_0^{\infty} c(t) dt}$$

- Eloszlásfüggvény



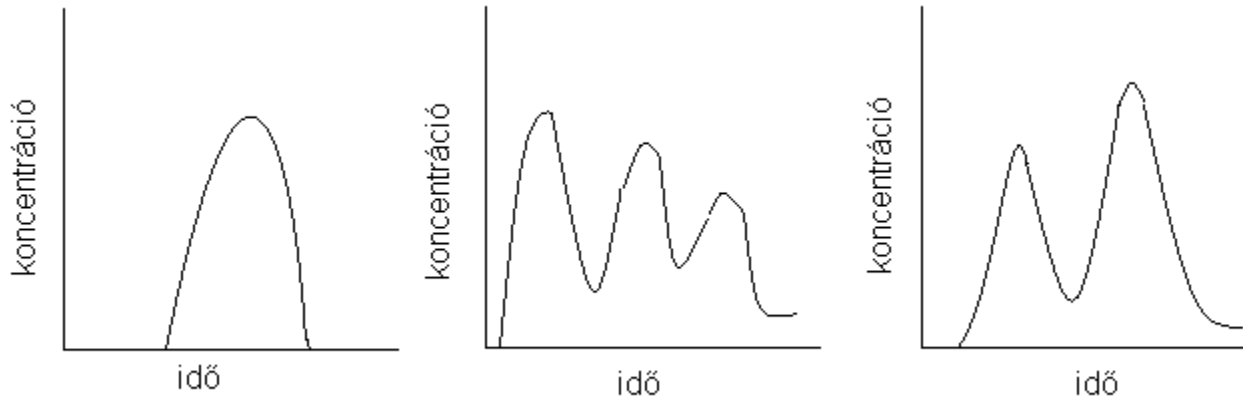
$$DI(t) = \frac{\int_0^t c(t) dt}{\int_0^{\infty} c(t) dt}$$

- Intenzitásfüggvény



$$I(t) = \frac{DE(t)}{1 - DI(t)}$$

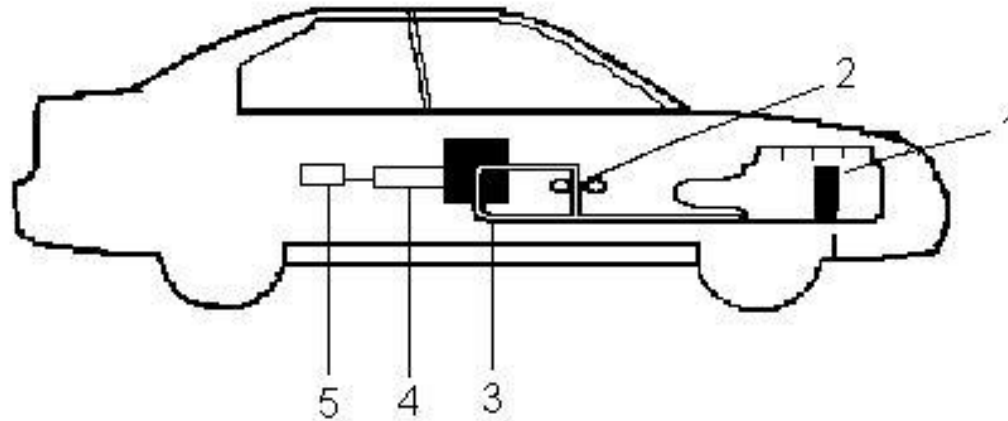
Áramlási rendellenességekre utaló áramlásgörbék



- Timföldgyári bauxitfeltáró autoklávsorban a zagy áramlásának vizsgálata
- Papíriparban cellulózrostok fehérítési reakcióidejének (tartózkodási idejének) mérése
- Kőolaj-távvezetéken a benzin és a gázolaj áramlás közben bekövetkező keveredése
- Elektromos bojlerekben a hideg és a meleg víz keveredése az áramlás során
- Síküveggyár olvasztó kádkemencéjében az olvadék áramlásának vizsgálata

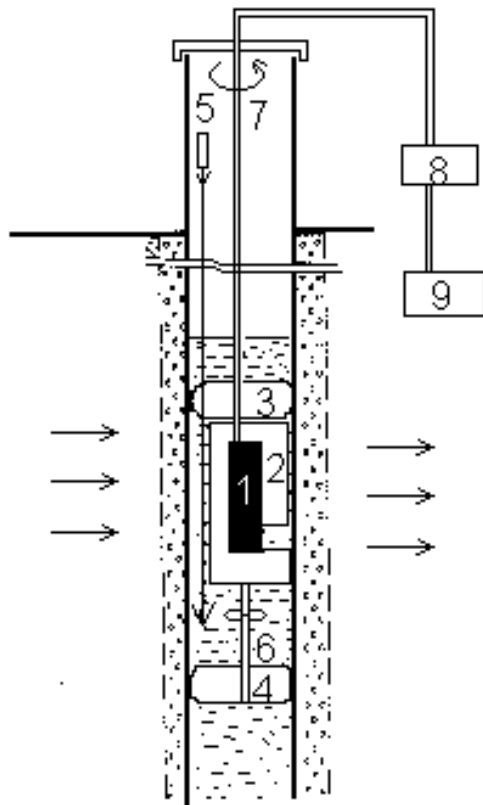
Korróziós és kopásvizsgálatok

- Fordított izotóphígítási analízis

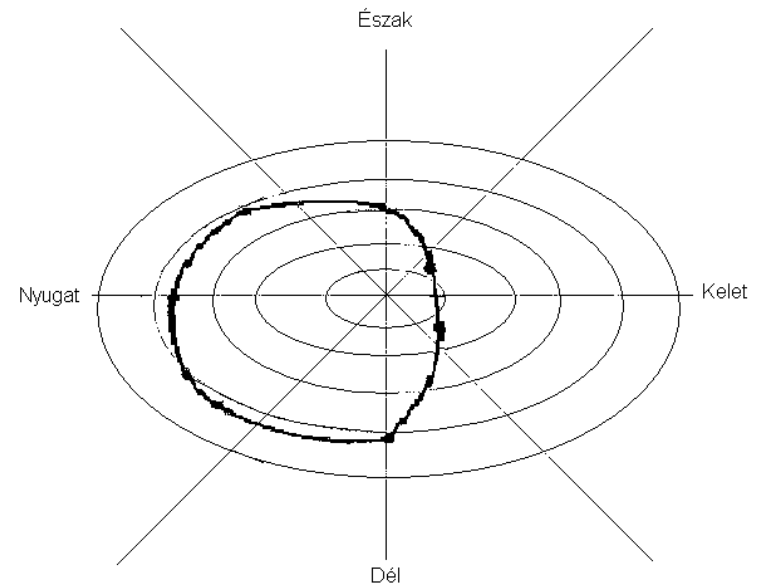


- 1 radioaktív dugattyúgyűrű
- 2 olajszűrő
- 3 szűrt olaj
- 4 szcintillációs detektor
- 5 számláló

Talajvíz áramlásának vizsgálata



- 1 szcintillációs számláló
- 2 ólomvédelem
- 3 szigetelő ballon
- 4 szigetelő ballon
- 5 nyomjelző injektálás;
- 6 nyomjelző keverés
- 7 forgó detektor
- 8 számláló
- 9 adatrögzítő



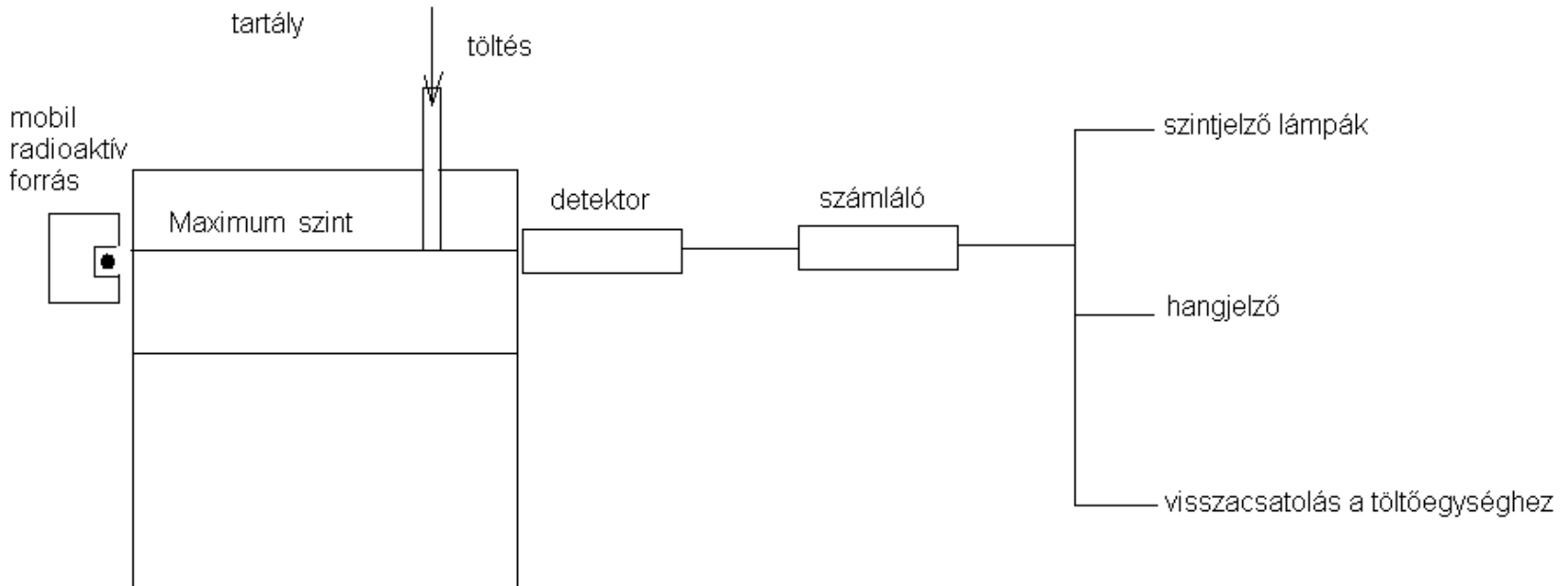
Vizsgálatok zárt sugárforrásokkal

- A zárt (tokozott) sugárforrások
- Abszorpció vagy visszaszórás
- Egyik oldalon zárt gamma-sugárforrás, másik oldalon a detektor
- A detektor jele az anyag jelentését vagy hiányát jelzi, intenzitása pedig az anyagon áthatott sugárzás elnyelődésével arányos, ami a berendezésben lévő anyag fizikai tulajdonságaitól függ. Ily módon a detektált sugárzás intenzitásából a berendezésben lévő anyag fizikai tulajdonságai (sűrűsége, vastagsága) számítható.

Sugárelnyelődésen vagy -visszaszóráson alapuló vizsgálatoknál használt radioizotópok

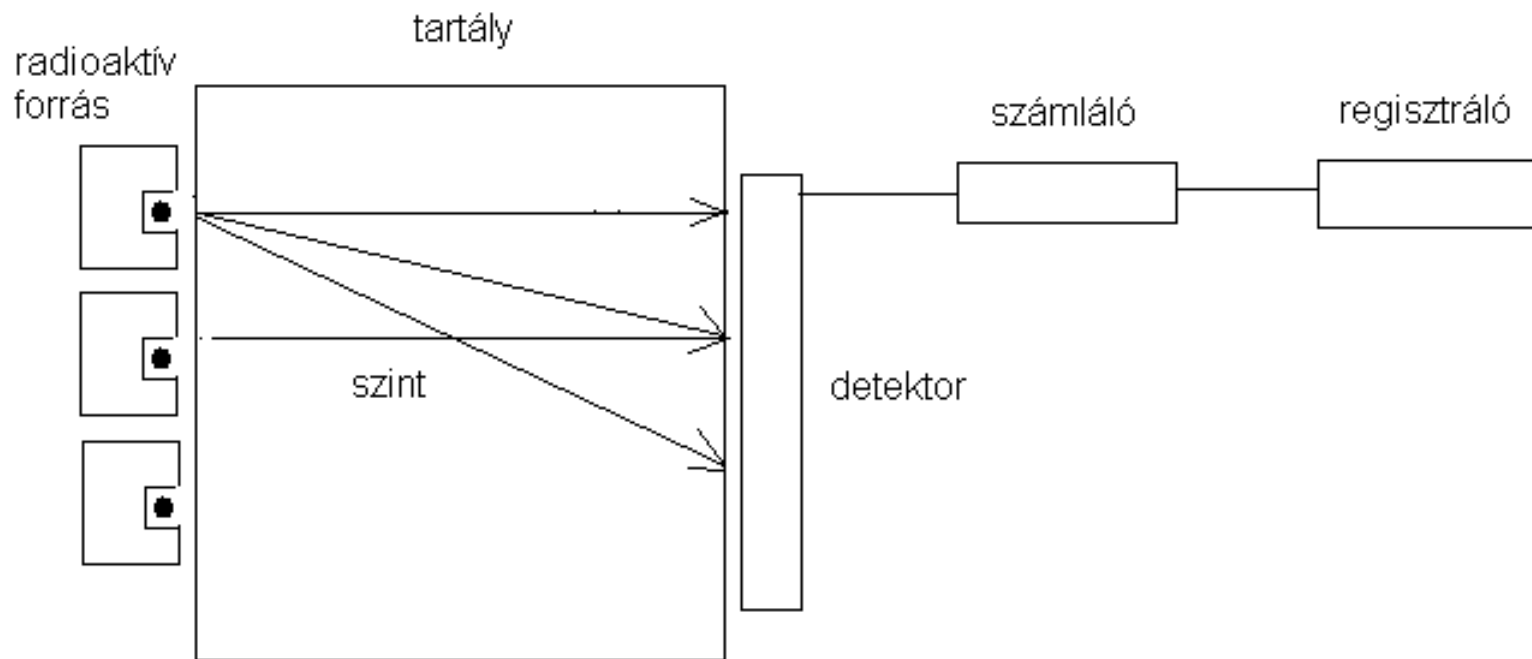
Radioizotóp	Felezési idő	Sugárzás típusa	Felhasználási cél
Co-60	5,3 év	γ (1170 keV)	Nagy rétegvastagságoknál
Cs-137	30 év	γ (661 keV)	Kisebb rétegvastagságoknál
Ir-192	74 nap	γ (316 keV)	Hegesztési varratoknál
Tm-170	134 nap	γ (84 keV)	Műanyag, gumi rétegeknél
Am-241	458 év	γ (67 keV)	Műanyag, gumi rétegeknél
Kr-85	10,7 év	β (700 keV)	Papír, műanyag, gumi rétegeknél
Sr-90	28 év	β (546 keV)	Papír, műanyag, gumi rétegeknél
Pm-147	2,6 év	β (224 keV)	Papír, műanyag, gumi rétegeknél
Tl-204	3,8 év	β (766 keV)	Papír, műanyag, gumi rétegeknél
Ra-226 / Be	1602 év	neutron forrás	Nedvességtartalom mérésnél
Po-210 / Be	138 nap	neutron forrás	Nedvességtartalom mérésnél
Am-241 / Be	48 év	neutron forrás	Nedvességtartalom mérésnél

Tartályban lévő anyagok szintmérése



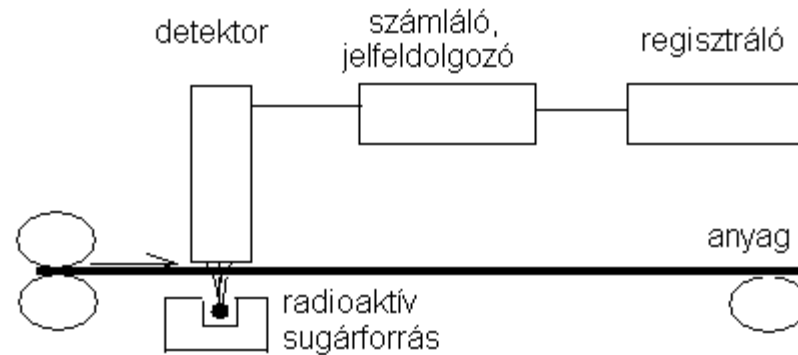
- Olvasztókemencében az elegyszint magasságának határok között tartása
- Csilletöltés adagolásának automatizálása
- Darabszámlálás csempe gyártószalagokon.

Folyamatos szintjelzés több sugárforrással és lineáris detektorral

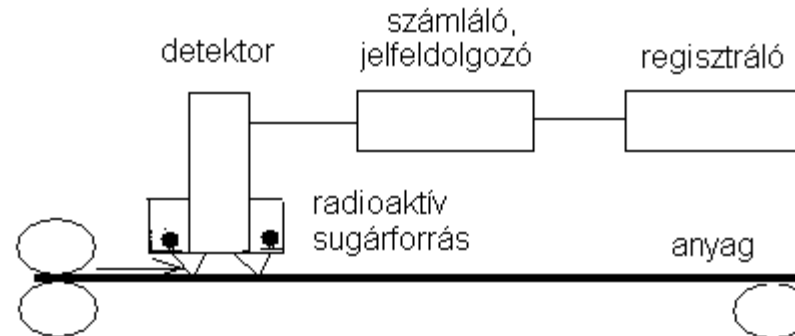


Sugárabszorpción és sugárvisszaszóráson (reflexió) alapuló mérési elv

Abszorpció



Reflexió



Anyagrétegek vastagságának meghatározása

$$I = I_0 \exp(-\mu(E)l)$$

I_0 a belépő sugárzás intenzitása

I a kilépő sugárzás intenzitása

$\mu(E)$ a lineáris abszorpciós koefficiens

l az anyagréteg vastagsága

- Papírgyártó gépeken béta-sugárzó izotóppal végzett folyamatos vastagságmérés
- Hideghengersorokon fémlemezek vastagságának folyamatos mérése
- Melegen hengerelt acéllemezek vastagságának mérése
- Síküveg gyártó sorokra szerelt vastagságmérő berendezések
- Beton vastagságmérés tartályok építésénél.

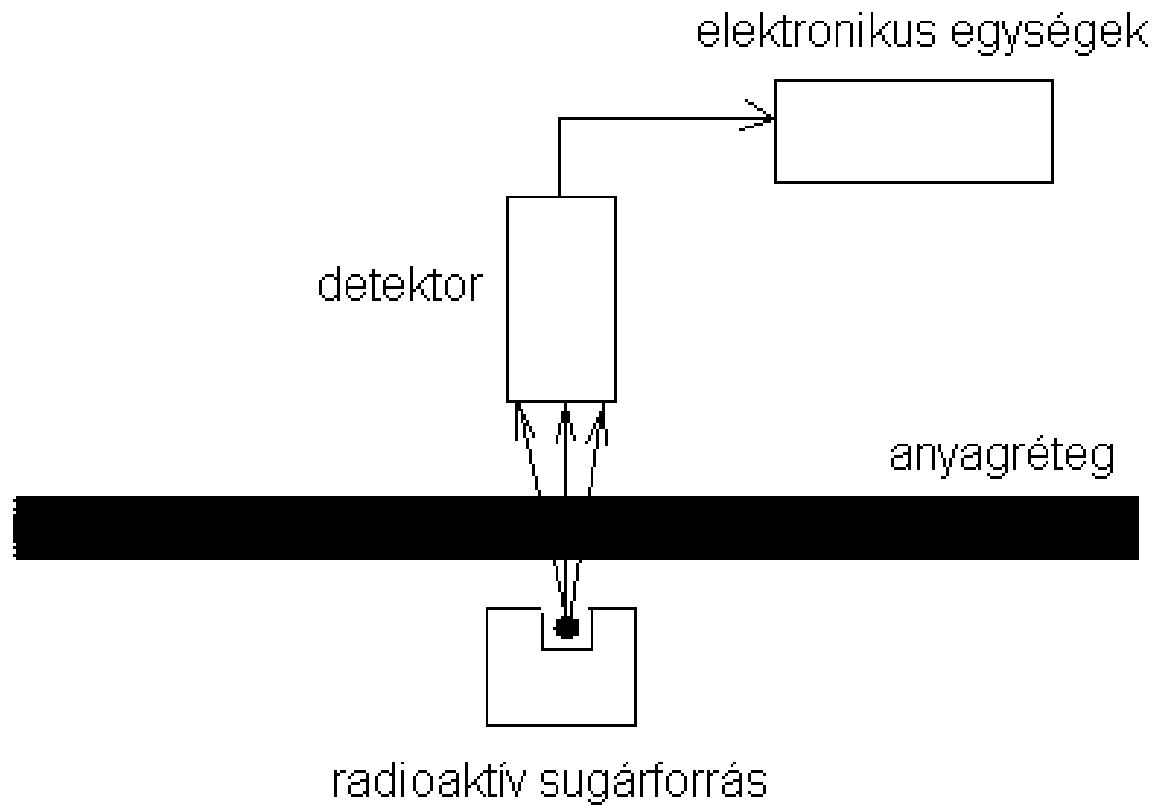
Anyagrétegek sűrűségének meghatározása

$$I = I_0 \exp(-\mu \rho l) = I_0 \exp(-\mu d)$$

μ tömegabszorpciós koefficiens
 d felületi sűrűség

- Kőolajvezetékekben áramló közeg (kőolaj, benzin, gázolaj) sűrűségének mérése
- Vegyiparban technológiai folyamatok ellenőrzése a közeg sűrűségének mérésével
- Örlőberendezések örlési fokának ellenőrzése a por sűrűségének mérésével
- Szállítószalagon szállított anyagok sűrűségének folyamatos mérése.

Anyagsűrűség meghatározása sugárabszorpció elvén

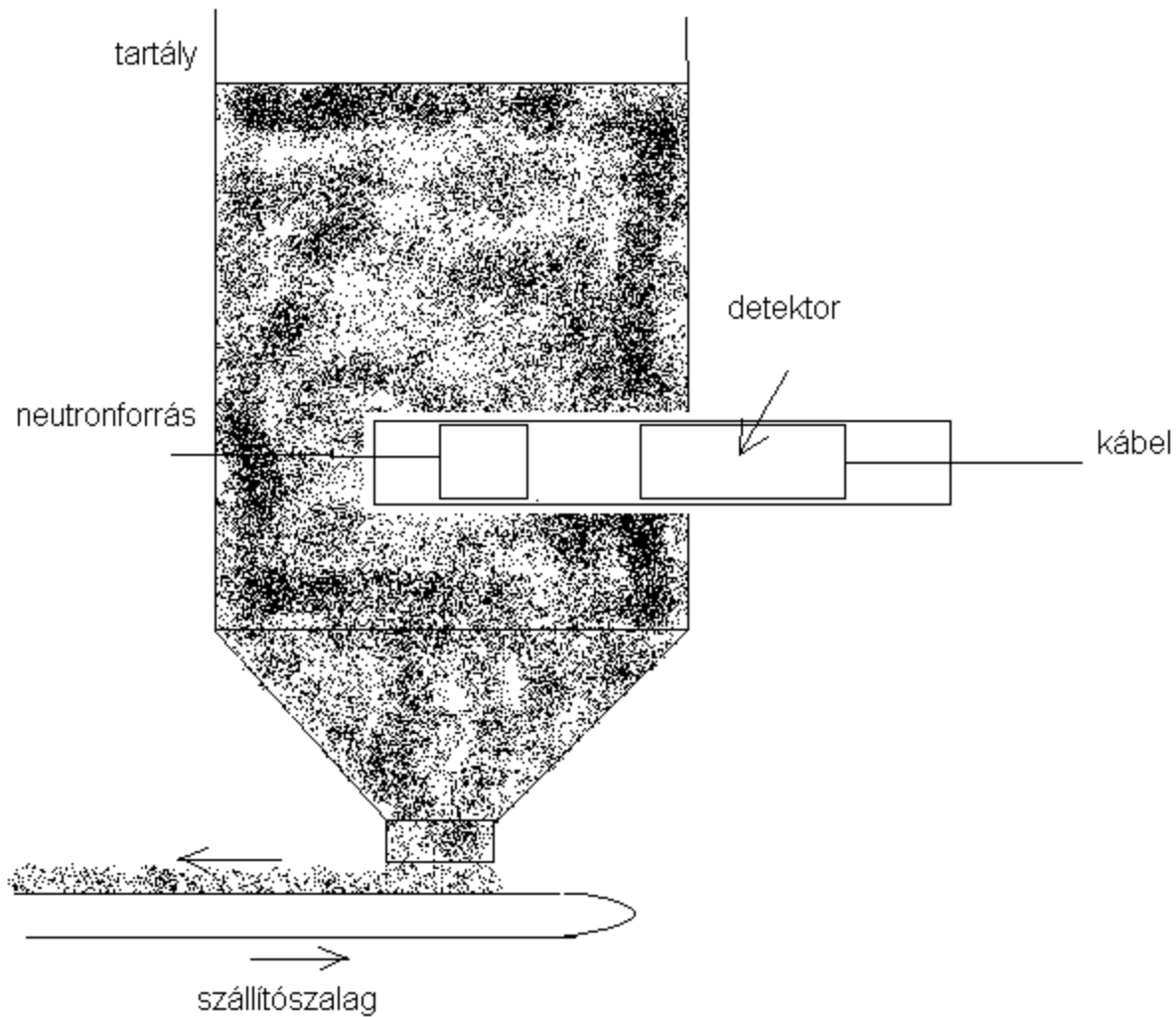


Nedvességtartalom mérése gyorsneutron-forrással

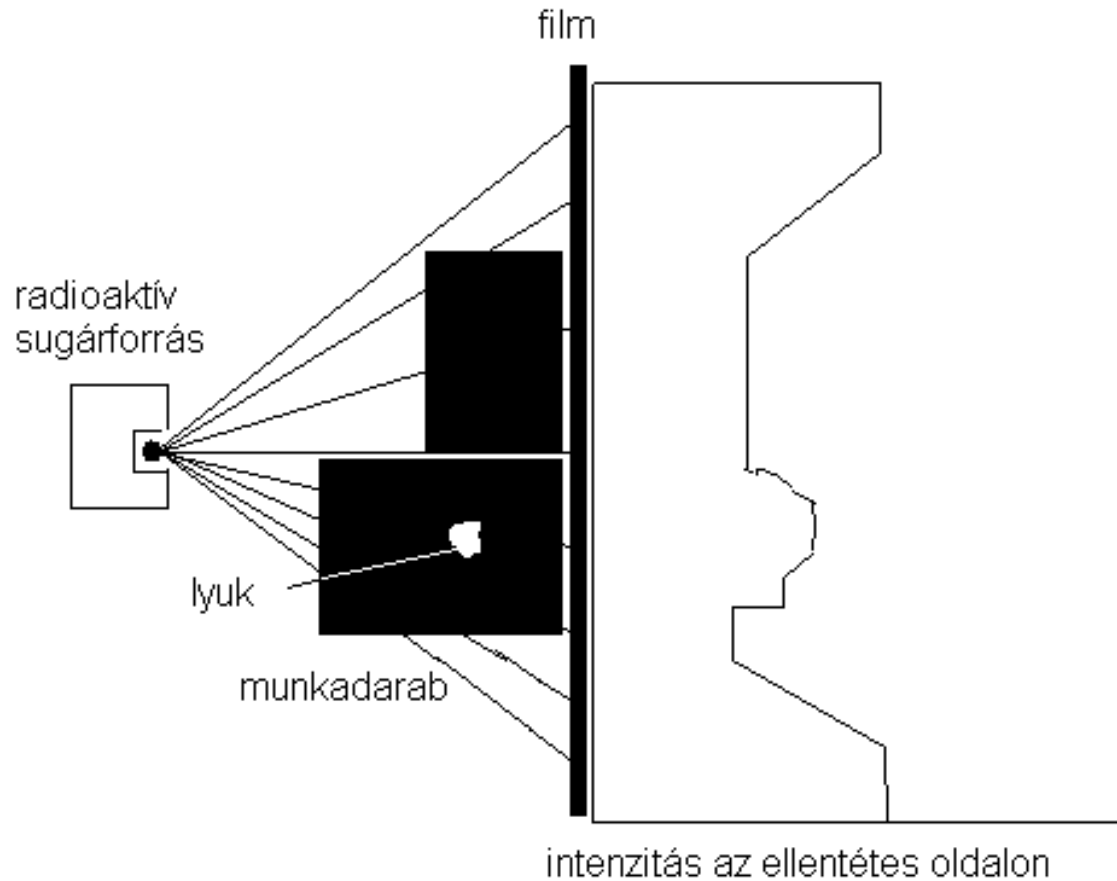
- A neutronszóródáson illetve –fékeződés hidrogénen
- Gyors neutronok
- A hidrogénatomok fajlagos fékeződése nagymértékű, mert a neutron és a hidrogén atommag tömege közel azonos.
- Am-241 / Be neutronforrás (gyors neutronok) – detektor lassú neutronokra érzékeny

- - Betonelem gyárakban a 'száraz' komponensek mellett a legnagyobb nedvességtartalmú folyami homok nedvességtartalmának követésével határozzák meg a vízadagolást
- - A talajok nedvességtartalmának mérésére hordozható talajnedvesség mérőket fejlesztettek ki
- - Az út- vasút- és építőmérnöki gyakorlatban az alapozásoknál fontos a nedvességtartalom mérése.

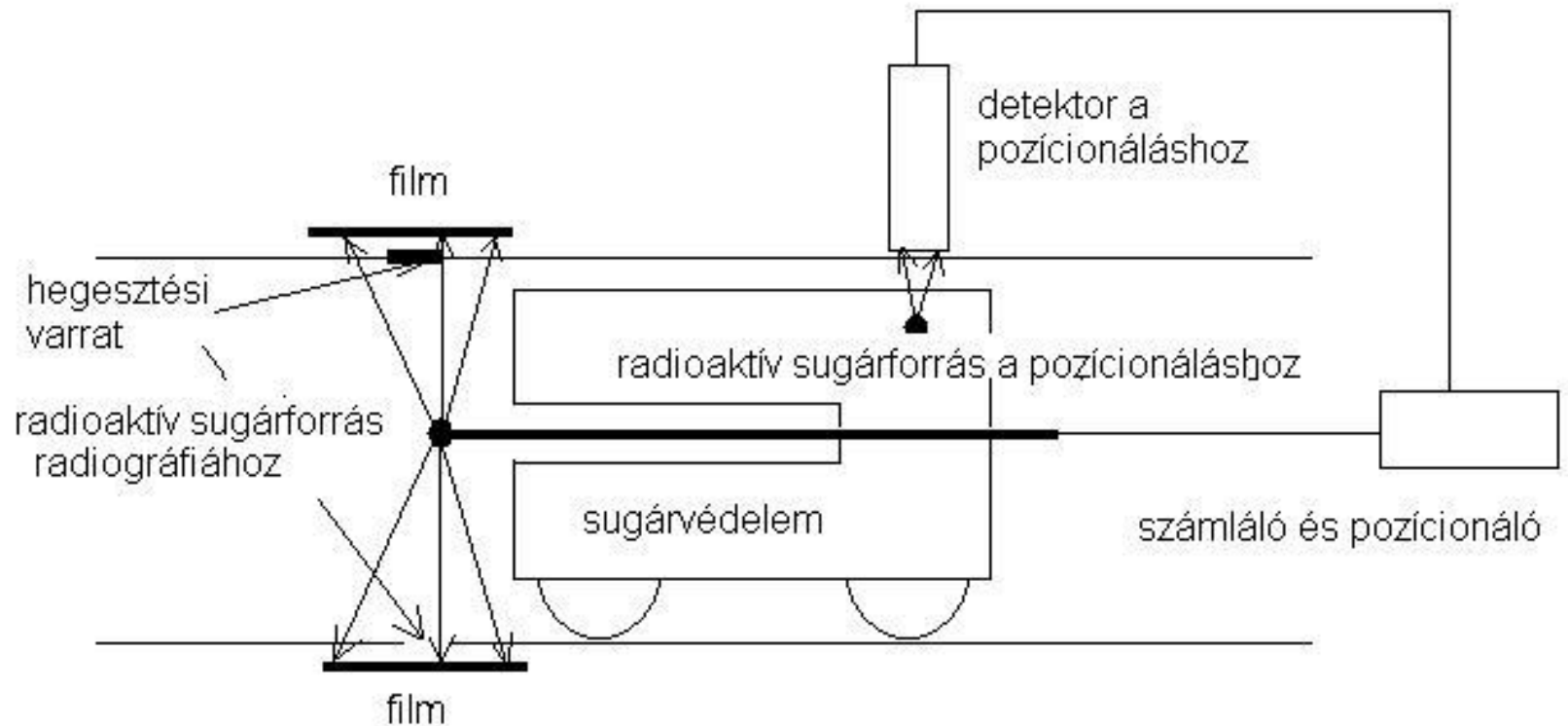
Nedvességtartalom mérése



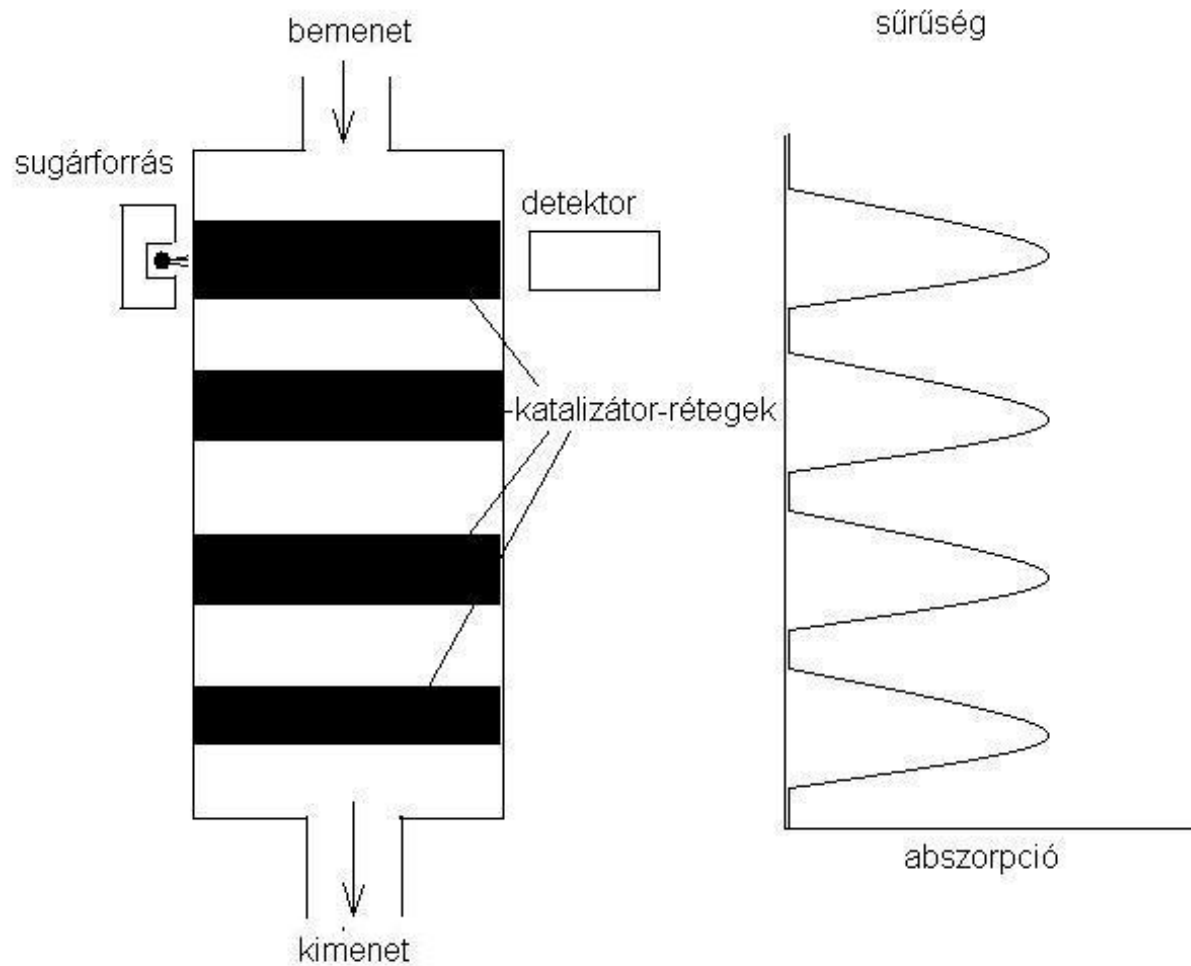
Ipari radiográfia és tomográfia



Ipari defektoszkópia



Katalizátorágy tomográfiás vizsgálata



A geológiai rétegszelvényezés nukleáris módszerei

- a természetes sugárzások rétegenkénti mérése
- a zárt sugárforrásokkal gerjesztett sugárzások követése
- a fúrólyukba bevitt nyitott izotópokat használó eljárások

