

# Radioaktív izotópok előállítása

Általános módszerek

# Természetes radioaktív izotópok kinyerése

U-238

↓  $\alpha$  4,5e9 év

**Th-234**

↓  $\beta$  24,1 nap

Pa-234

↓  $\beta$  1,2 min

U-234

↓  $\alpha$  2,5e5 év

Th-230

↓  $\alpha$  8e4 év

**Ra-226**

↓  $\alpha$  1620 év

**Rn-222**

↓  $\alpha$  3,825 nap

Po-218

↓  $\alpha$  3,05 min

Pb-214

↓  $\beta$  26,8 min

Bi-214

$\alpha \swarrow \searrow \beta$  19,8 min

Tl-210 Po-214

$\beta \searrow \swarrow \alpha$

1,3 min 1,6e-4 s

**Pb-210**

↓  $\beta$  21,6 év

**Bi-210**

↓  $\beta$  5,013 nap

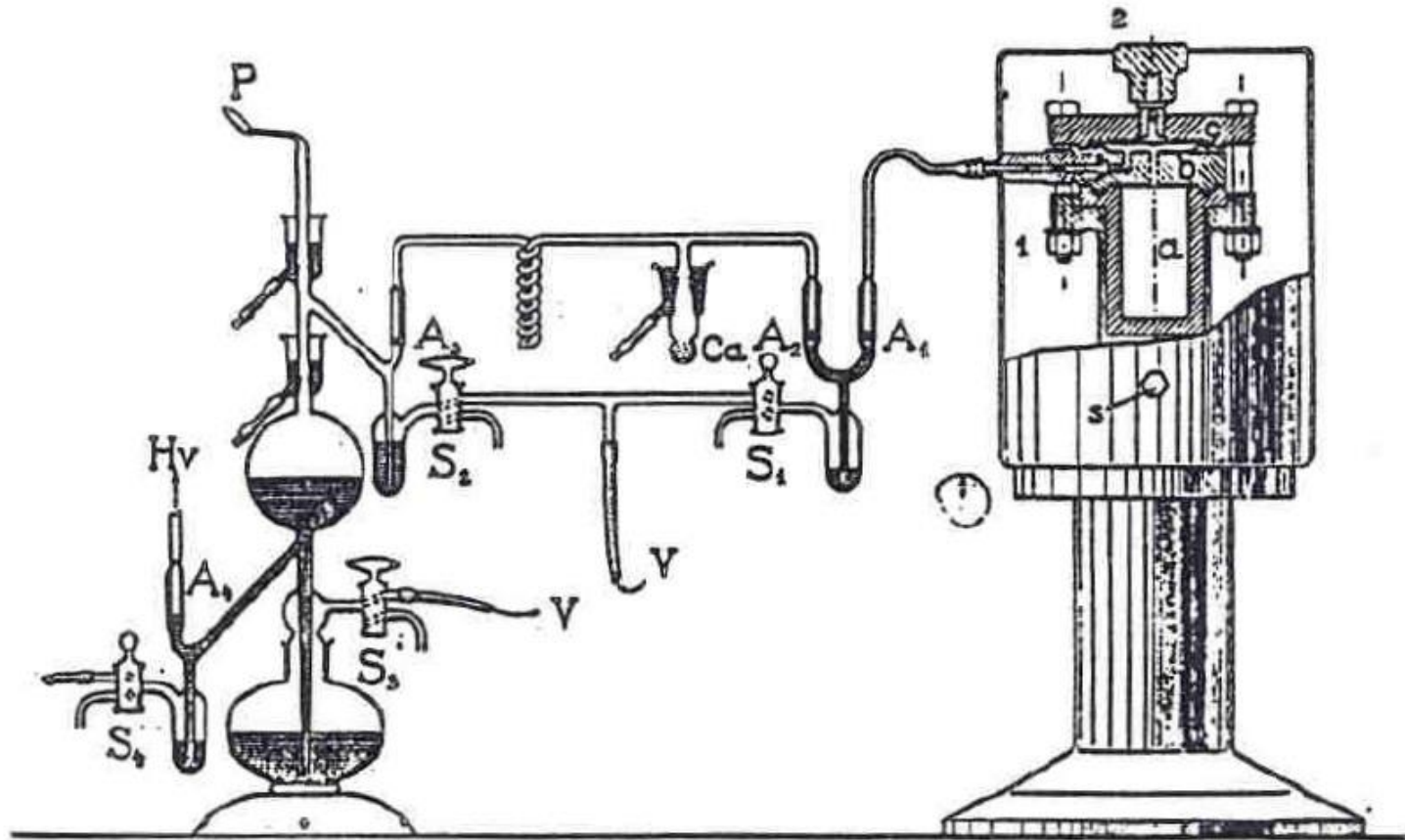
Po-210

↓  $\alpha$  138,4 nap

Pb-206

- Th: természetes sor kiindulópontja a  $^{232}\text{Th}$ , felezési ideje milliárd év.  $^{234}\text{Th}$ : 24,1 nap. Négyértékűek (pl. Ce(IV)) nyomjelzése – kolloidika. Előállítás: éteres extrakció
- $^{226}\text{Ra}$ : radioaktivitás tanulmányozása, orvosi alkalmazás. Előállítás: Ba- vagy Pb-sóval elegykristály, majd frakcionált kristályosítás
- $^{222}\text{Rn}$ : Hahn-féle emanáló forrás:  
Ra(II)-oldat +  $\text{FeCl}_2 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$ , rajta a Ra(II)  
Ra:Fe=1:55, a Rn 95 %-át emanálja. A csapadék öregedésével csökken, ekkor éteres extrakcióval a vasat eltávolítják, Ra(II) oldatban marad, újra lecsapják. Fontos: karbonát ne legyen jelen –  $\text{RaCO}_3$  keletkezik, nem lehet eltávolítani a  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ -ról.

# Emanáló készülék



Az  $\alpha$ -val jelölt helyen található az emanáló Ra-forrás, a P üvegfiolában gyűjthető össze a Rn-222.  $A_n$  a szelepeket,  $S_n$  a csapokat, Hv a nagy vákuumot jelenti.

- $^{210}\text{Pb}$ : Hevesy –öndiffúzió, oldékonyság  
Gróh Gyula: Pb-amalgám csereáram  
Környezetszennyező: Mátraderecske  
Lágy béta, mérése: Al fóliával árnyékolják, a keményebb sugárzású  $^{210}\text{Bi}$  feldúsulását mérték
- $^{210}\text{Bi}$ : elektrolízis Ni lemezre:  $\text{Bi}_2\text{S}_3$  fehérjék nyomjelzése
- $^{210}\text{Po}$ : alfa-preparátum (Szalay Sándor)

# Th-232 bomlási sor fontosabb tagjai

Th-232

↓  $\alpha$  1,41e10 év

**Ra-228**

↓  $\beta$  5,7 év

Ac-228

↓  $\beta$  6,13 óra

**Th-228**

↓  $\alpha$  1,91 év

Ra-224

↓  $\alpha$  3,64 nap

**Rn-220**

↓  $\alpha$  55 s

Po-216

↓  $\alpha$  1,58e-1 s

**Pb-212**

↓  $\beta$  10,6 óra

Bi-212

$\alpha \swarrow \searrow \beta$  0,6 min

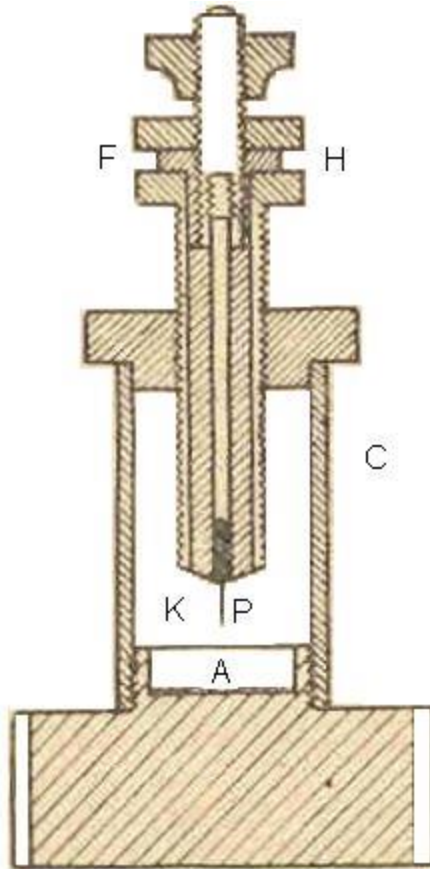
Tl-208 Po-212

$\beta \searrow \swarrow \alpha$

3,1 min 3e-7 s

Pb-208

# Leányelemek elektrosztatikus leválasztása



A:  $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{Ra-226}$ , anód

C: edény fala, anód

F és H: mechanikai alkatrészek

K: katód

P: platina elektród

# 1 t U-ból, ill. Th-ból nyerhető izotópok mennyisége

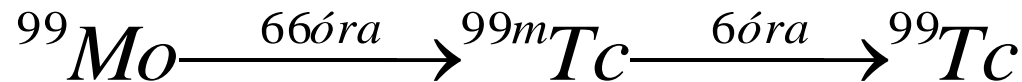
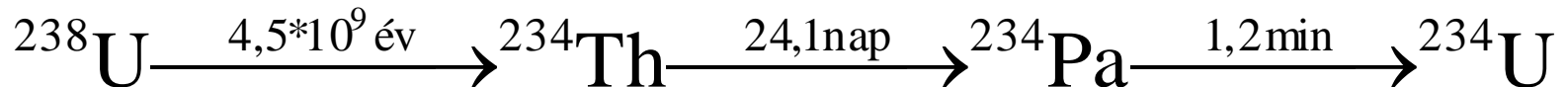
$^{232}\text{Th}$	$^{238}\text{U}$	$^{235}\text{U}$
-	$^{234}\text{U}$ 58 g	-
-	-	$^{231}\text{Pa}$ 0,27 g
$^{228}\text{Th}$ 0,14 mg	$^{230}\text{Th}$ 17 g	-
-	-	$^{227}\text{Ac}$ 0,16 mg
$^{228}\text{Ra}$ 0,47 mg	$^{226}\text{Ra}$ 0,34 g	-
-	$^{210}\text{Pb}$ 4,1 mg	-



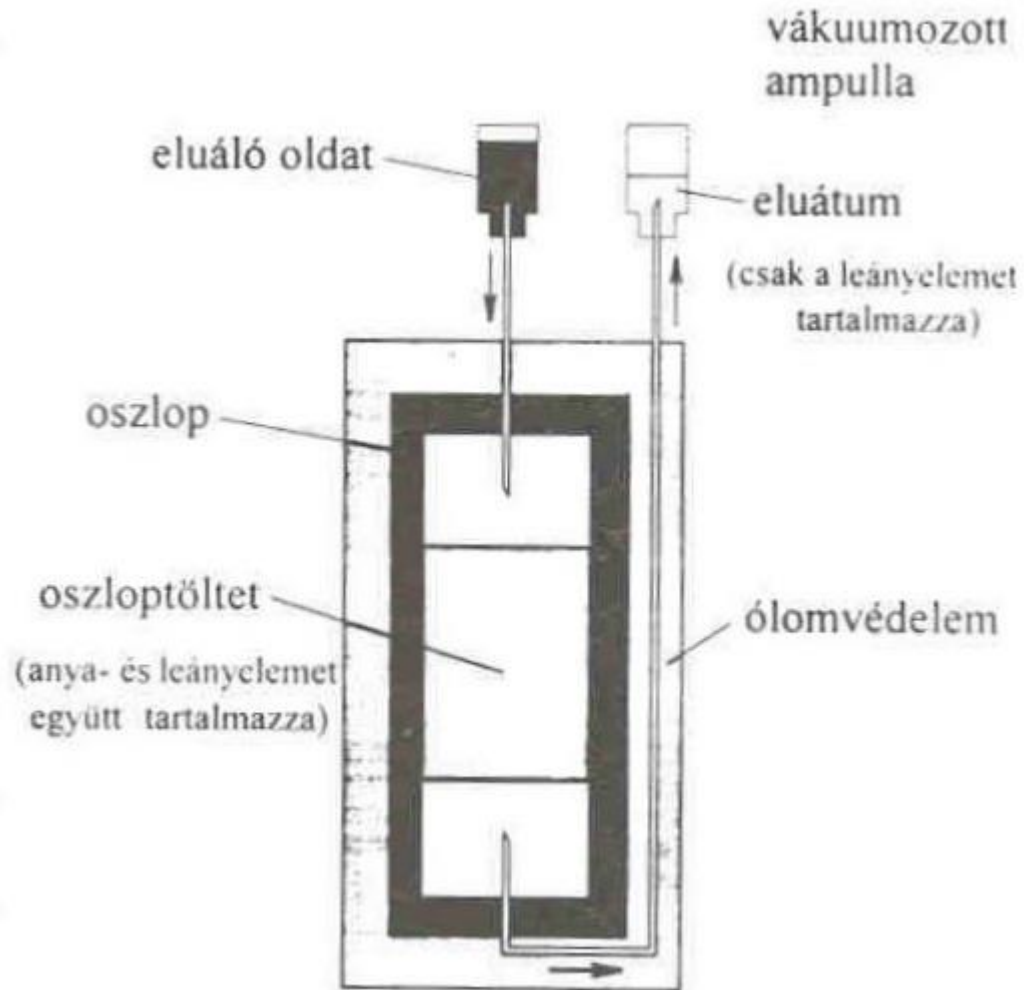
# Generátorok

- Rövid felezési idejű izotópok kinyerése: a hosszabb felezési idejű anyaelemet választjuk le alkalmas hordozóra és azt „fejjük”, vagyis kémiai eljárással elválasztjuk a leányelemet.

Az emanáló források is generátorok.



# Generátor

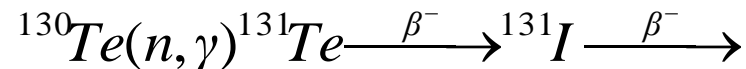


# Mesterséges radionuklidok: atomreaktorok

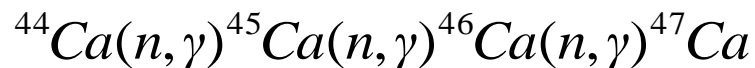
- Hasadványok
- Target+neutronbesugárzás: magreakciók  
(n, $\gamma$ ), (n,p), (n, $\alpha$ ), (n,2n), (n,f)
- Al-tok, fém vagy oxid, esetleg sók (karbonát)
- Olyan kísérő elem, amelyből keletkezett izotóp gyorsan bomlik
- Tisztaság

# Neutronnal végbemenő magreakciók

- $(n, \gamma)$ : neutronfelesleges magok, negatív béta-bomlók, nem hordozómentesen keletkeznek. Elválasztás nehéz, Szilárd-Chalmers effektus: különböző kémiai állapotú izotópok keletkeznek. A termék leányeleme is lehet radioaktív:



Szukcesszív  $(n, \gamma)$  reakciók:



Transzuránok előállítása

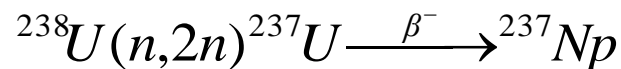
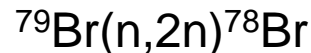
# Neutronnal végbemenő magreakciók

- (n,p) és (n,α): könnyű elemekre



Hordozómentesen állíthatók elő, általában lassú neutronnal, exoterm reakciók

- (n,2n): gyors neutronnal, a targetet a fűtőelemek közötti lyukba helyezik.



# Maghasadás

- Rövid felezési idejű izotópok: urán mint target kerül elhelyezésre, pl.  $^{132}\text{Te} \rightarrow ^{132}\text{I}$
- Hosszú felezési idejűek: a kiégett fűtőelemek feldolgozásával nyerhetők
  - Urán és transzuránok elválasztása tri-butil-foszfáttal
  - Az oldatban maradt hasadványokat csoportelválasztásokkal (lecsapások, extrakciók) különítik el és tisztítják.

# $^{140}\text{Ba}$ kinyerése



## Kevés Sr(II)-szennyezés

Feltárás  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -tal:  $(^{140}\text{BaPb})\text{CO}_3$

Oldás salétromsavban:  $^{140}\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

Újabb karbonátos lecsapás, stb.

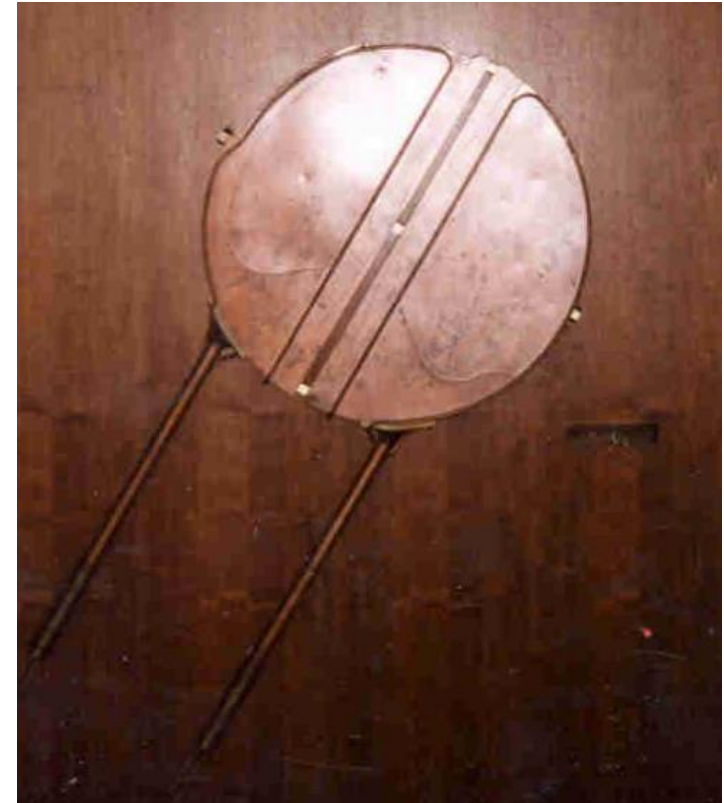
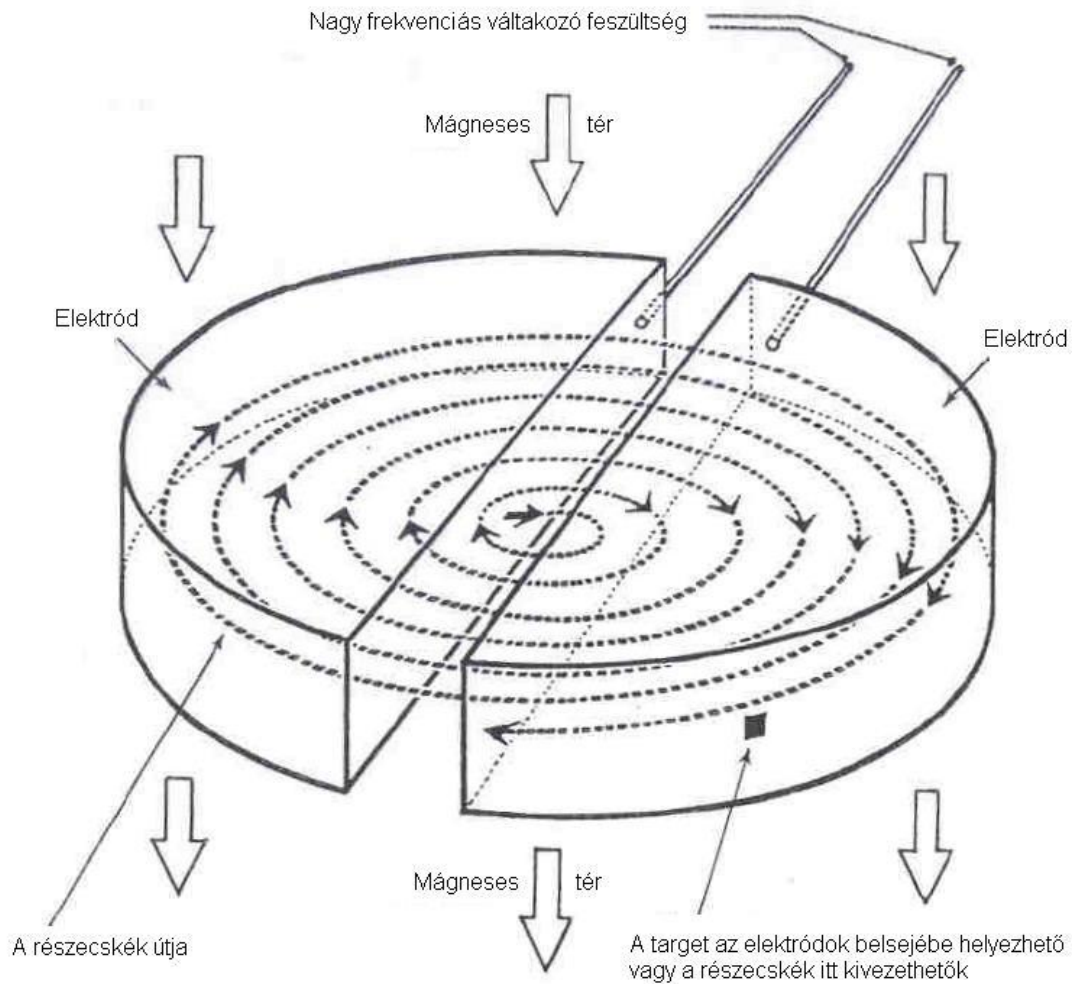
cc.  $\text{HCl}$ :  $\text{PbCl}_2$  lecsapása,  $^{140}\text{Ba}(\text{II})$  oldatban marad.

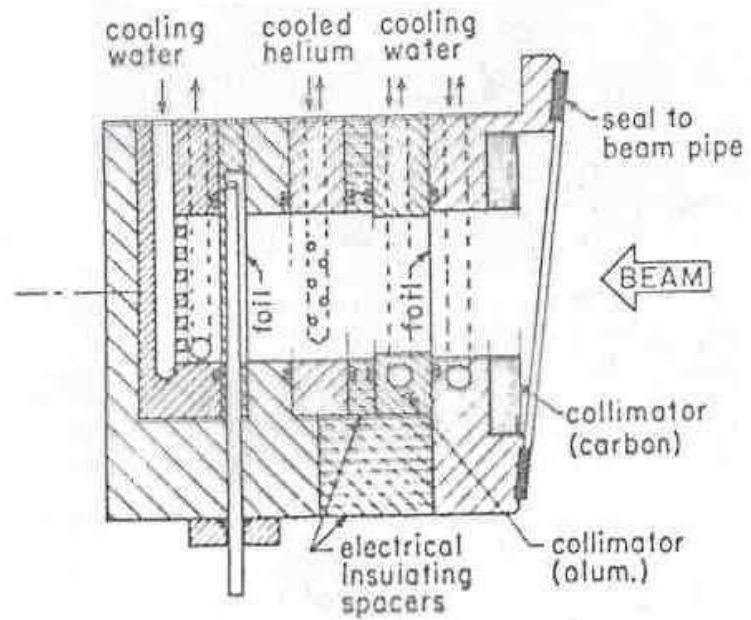
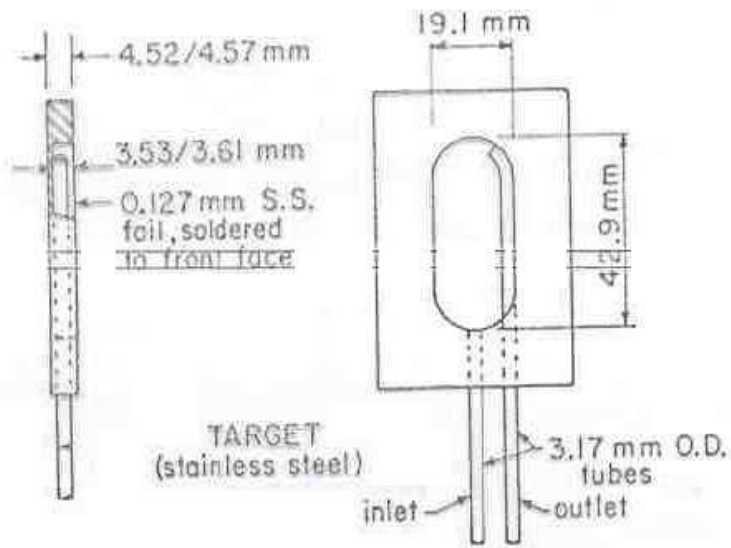
# Mesterséges radionuklidok: gyorsítók

- Reakciók töltött részecskékkel – neutronhiányos izotópok
- Hordozómentes izotópok
- Fontos orvosi/biológiai alkalmazások: rövid felezési idők
- Nehezebb transzuránok előállítása
- Ciklotronok és lineáris gyorsítók
- Target: vékony fém-fóliák, vagy oxid rétegek hűtés
- Hatáskeresztszmeteszet energiafüggő – a kívánt termék szerint optimálható

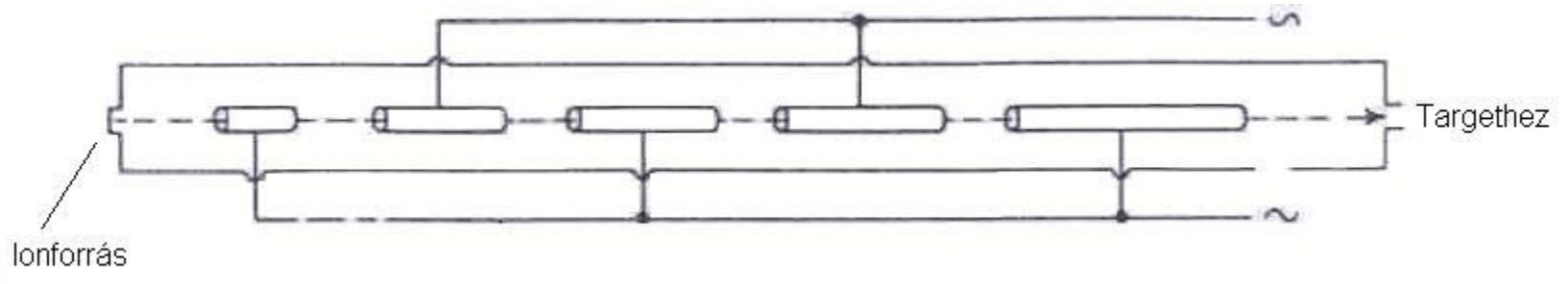


# Ciklotron





# Lineáris gyorsító



Lineáris protongyorsító elvi rajza. A protonok váltakozó feszültségre kapcsolt gyorsító csöveken haladnak át. A csövek hosszát a feszültség-változás frekvenciájához mérten úgy alakítják ki, hogy a protonok éppen akkor találkozzanak a gyorsító feszültséggel, amikor átlépnek egyik csőből a másikba.

# Z rendszámú, A tömegszámú mag keletkezése magreakciókban és radioaktív bomlással

A	A+1	A+2			
A-1					$\alpha$
Z+1		n,p EC, $\beta^+$	n,d $\gamma$ , p	d, $\alpha$	
Z		n, $\gamma$ d,p	$\begin{matrix} A \\ Z \end{matrix} N$	$\gamma$ ,n n,2n	
Z-1	$\alpha$ ,p	d, $\gamma$ $\alpha$ ,d	d,n	$\beta^-$ p,n d,2n	
Z-2	$\alpha$ ,n				
	N-2	N-1	N	N+1	N+2

