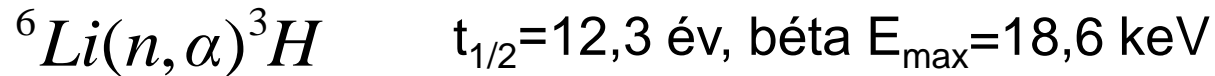


Radioaktív izotópok előállítása

Konkrét módszerek

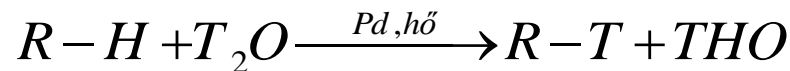
Trícium



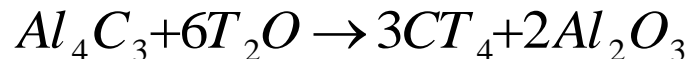
MgLi ötvözetből készült fólia, a trícium melegítéssel távozik: T_2 vagy T_2O nyerhető.

Szerves vegyületek előállítása:

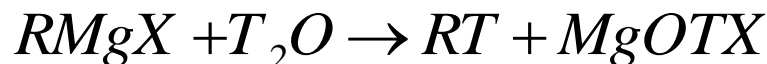
1. Izotópcseré szervek vegyületek hidrogénjével



2. Reakció alumínium-karbiddal

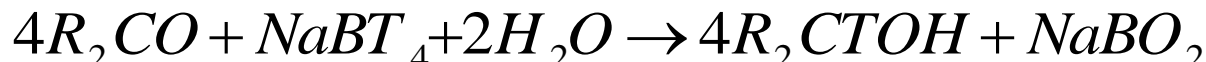


3. Grignard-reakció



4. Kettős kötések telítése

5. Karbonil-vegyületek redukciója: $NaBT_4$, $LiAlT_4$



6. Malonsav lábilis hidrogénjének cseréje, majd dekarboxilezése:
esetsav

7. Acetilén

Szén-14

$^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$, $t_{1/2}=5730$ év, béta $E_{\text{max}}=165$ keV

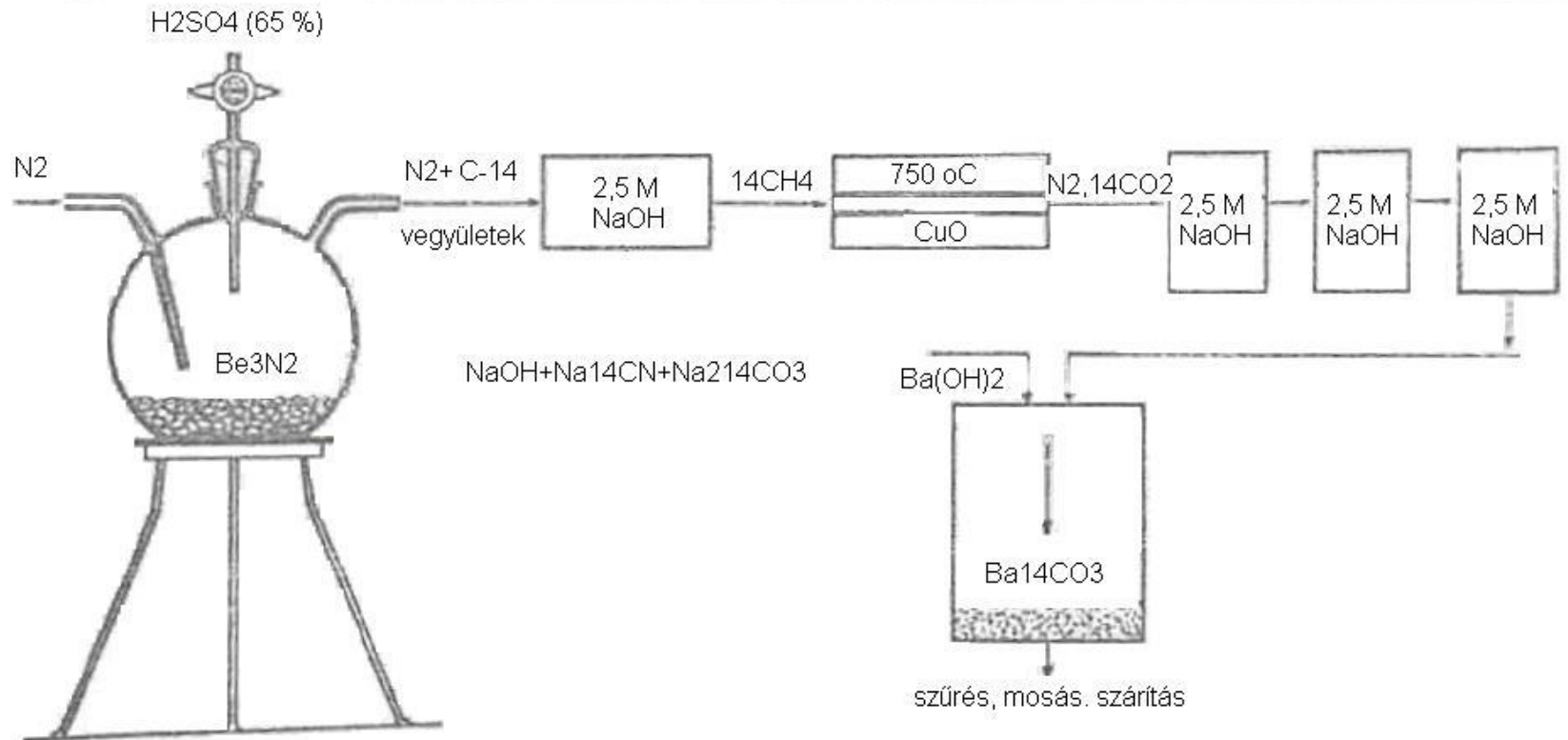
Target: B-, Be, Al-nitrid

Besugárzás után oxidáció (pl. H_2O_2) \rightarrow $^{14}\text{CO}_2$, $\text{Ba}^{14}\text{CO}_3$

Szerves vegyületek előállítása:

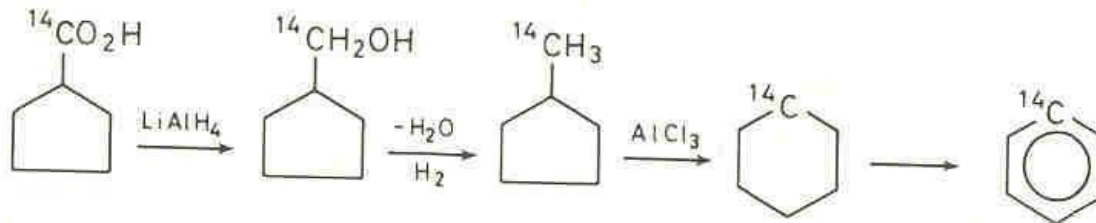
1. Karbonsavak (pl. ecetsav) Grignard-reakciókkal
2. Metanol: $^{14}\text{CO}_2$ redukciója LiAlH_4 -del
3. Cianid: $\text{Ba}^{14}\text{CO}_3$ +fém K+ NH_4Cl olvadékban
4. Acetilén: $\text{Ba}^{14}\text{CO}_3+\text{Ba}\rightarrow\text{Ba}^{14}\text{C}_2+\text{H}_2\text{O}\rightarrow^{14}\text{C}_2\text{H}_2$
5. Hangyasav: $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ vagy $\text{KH}^{14}\text{CO}_3$ redukciója H_2 -nel, Pd katalizátor
6. Bárium-ciánamid: $\text{Ba}^{14}\text{CO}_3$ hevítése száraz NH_3 -ban

C-14 vegyületek kinyerése



Szén-14

7. Aromás vegyületek előállítása



Minden hatodik szénatom jelzett.

Acetilénből: minden szénatom jelzett.

8. Biológiai szintézisek

Clostridium aceticum: CO₂-ből ecetsav

Chlorella vulgaris: CO₂-ből aminosav (L-forma)

Canna indica: CO₂-ből cukor

Galamb: glicinből vagy formiátból húgysav

Patkány: acetátból koleszterin

- C-11: $^{14}\text{N}(\text{p},\alpha)^{11}\text{C}$, $t_{1/2}=20,3$ min, β^+ , PET
- N-13: $^{16}\text{O}(\text{p},\alpha)^{13}\text{N}$, $t_{1/2}=10$ min, β^+ , PET
- O-15: $^{16}\text{O}(\text{p},\text{n})^{15}\text{O}$, $^{14}\text{N}(\text{d},\text{n})^{15}\text{O}$, $^{15}\text{N}(\text{p},\text{n})^{15}\text{O}$, $t_{1/2}=122$ s, β^+ , PET
- F-18: $^{16}\text{O}(\text{t},\text{n})^{18}\text{F}$ vagy $^{18}\text{O}(\text{p},\text{n})^{18}\text{F}$, $t_{1/2}=109$ min, β^+ , PET
- Na-izotópok
 - Na-24: $^{23}\text{Na}(\text{n},\gamma)^{24}\text{Na}$ $t_{1/2}\approx 24$ óra, β^- , γ
 hordozómentes: $^{26}\text{Mg}(\text{d},\alpha)^{24}\text{Na}$
 - Na-22: $^{23}\text{Na}(\text{n},2\text{n})^{22}\text{Na}$, endoterm, $t_{1/2}\approx 2$ év, β^+ , γ
 hordozómentes: $^{24}\text{Mg}(\text{d},\alpha)^{22}\text{Na}$
- Al-28: $^{27}\text{Al}(\text{n},\gamma)^{28}\text{Al}$ $t_{1/2}=2,8$ min, $^{27}\text{Al}(\text{n},\alpha)^{24}\text{Na}$
- P-32: $^{31}\text{P}(\text{n},\gamma)^{32}\text{P}$, $t_{1/2}=14,3$ nap, oxidációs szám: 5
 Vörös P, vizes oldás: $\text{H}_3^{32}\text{PO}_4$
 HCl: klorid, oxi-klorid
 hordozómentes: $^{32}\text{S}(\text{n},\text{p})^{32}\text{P}$
 kinyerés: vízgőzzel $\text{H}_3^{32}\text{PO}_4$ -oldat, S visszamarad
 kén kioldása szerves oldószerrel (pl. CS_2), majd
 klórral PCl_5 keletkezik

- S-35: előállítás hasonló lehet a P-32-hoz, gyakorlatilag $^{35}\text{Cl}(n,p)^{35}\text{S}$, target KCl. Oldás vízben, kenet szulfát formájába viszik.

$t_{1/2}=87,9$ nap sugárzása \approx C-14

Mellékreakciók: $^{35}\text{Cl}(n,\gamma)^{36}\text{Cl}$, $t_{1/2}=308\ 000$ év, lágy béta.

$^{41}\text{K}(n,\gamma)^{42}\text{K}$, lebomlása megvárható

Elválasztás: anioncserével

- Cl-36: $^{35}\text{Cl}(n,\gamma)^{36}\text{Cl}$, $t_{1/2}=301000$ év, β^-
- K-38: $^{35}\text{Cl}(\alpha,n)^{38}\text{K}$, $t_{1/2}=7,6$ min, β^+
- K-42: $^{41}\text{K}(n,\gamma)^{42}\text{K}$, $t_{1/2}=12,6$ óra, β^- , γ
- Ca-45: $^{44}\text{Ca}(n,\gamma)^{45}\text{Ca}$, $t_{1/2}=163$ nap, β^-
- Cr-51: $^{50}\text{Cr}(n,\gamma)^{51}\text{Cr}$, $t_{1/2}=27,7$ nap, β^- , γ
- Mn-54: $^{56}\text{Fe}(d,\alpha)^{54}\text{Mn}$, $^{54}\text{Fe}(n,p)^{54}\text{Mn}$ $^{55}\text{Mn}(n,2n)^{54}\text{Mn}$,
 $t_{1/2}=312$ nap, EX, γ
- Fe-52/Mn-52m generátor: $^{58}\text{Ni}(p,\text{spalláció})^{52}\text{Fe}$; Mn-52 β^+

- Fe-55: $^{54}\text{Fe}(n, \gamma)^{55}\text{Fe}$, $^{55}\text{Mn}(d,p)^{55}\text{Fe}$, $t_{1/2}=2,7$ év, EX
- Fe-59: többszörös (n, γ) , $t_{1/2}=44,5$ nap, β^- , γ
- Co-60: $^{59}\text{Co}(n,\gamma)^{60}\text{Co}$, $t_{1/2}=5,5$ év, 2 kemény gamma, besugárzások
- Ni-63: $^{62}\text{Ni}(n, \gamma)^{63}\text{Ni}$, $t_{1/2}=100$ év, β^-
- Cu: $^{63}\text{Cu}(n, \gamma)^{64}\text{Cu}$, $t_{1/2}=12,7$ óra, β^- , β^+ ,
 $^{65}\text{Cu}(n, \gamma)^{66}\text{Cu}$, $t_{1/2}=5$ min, β^- ,
Hordozómentesen: $^{64}\text{Zn}(n,\gamma)^{65}\text{Zn}$, $^{64}\text{Zn}(n,p)^{64}\text{Cu}$,
 $t_{1/2}=12,7$ óra, elektrolízis
- Zn-65: lásd réznél, $t_{1/2}=244$ nap, EX, β^- , β^+ ,
- Ga-67: ciklotronban
- Ge-68-Ga-68: generátor, hasadványból nyerik, komplexek orvosi alkalmazása

$$^{68}\text{Ge} \xrightarrow{288\text{nap}} ^{68}\text{Ga} \xrightarrow{68\text{óra}} ^{68}\text{Zn}$$
- $^{75}\text{As}(n,\gamma)^{76}\text{As}$: szerves vegyületet sugároznak be, As kiszakad- Szilárd-Chalmers hatás

- Se, Br, ritkaföldfémek: hasadványként, kiégett fűtőelemekből nyerik. Egészségügyi célra ritkán használják, mert a hosszú felezési idejű hasadványok is benne maradnak. Tisztán: a target tisztítása pl. tömegspektrométerrel
- Br-80: $^{79}\text{Br}(n,\gamma)^{80}\text{Br}$, $t_{1/2}=4,6$ óra, és 18 min izomer átalakulás, EX, β^- , β^+
- Br-82: $^{81}\text{Br}(n,\gamma)^{82}\text{Br}$, $t_{1/2}=35,9$ óra, β^- , γ
- Kr-85: hasadási termék, levegőbe kerül. Mérésével lehet tudni, mennyit reprocesszálnak. A Kr-töltésű izzókban bomlik
- Rb-86: $^{85}\text{Rb}(n,\gamma)^{86}\text{Rb}$, $t_{1/2}=18,7$ nap, β^- , γ
- Sr-85: Mo(p,spalláció) ^{85}Sr , $t_{1/2}=65$ nap, EX, γ
- Sr-89: $^{88}\text{Sr}(n,\gamma)^{89}\text{Sr}$, $t_{1/2}=50$ nap, β^-
- Sr-90, hasadványból nyerik, $t_{1/2}=29$ év, β^- ,
- Y-90: Sr-90-Y-90 generátor
- Tc-99m: Mo-99-Tc-99m generátor, hasadványként
- Ru, Rh, Pd: (n, γ) reakciók, jelentősége kicsi

- $^{109}\text{Ag}(n, \gamma)^{110\text{m}}\text{Ag} \rightarrow ^{110}\text{Ag}$, $t_{1/2}=250$ nap, β^- , γ
hordozómentesen: $^{110}\text{Pd}(n, \gamma)^{111}\text{Pd}$: β^- -bomlással ^{111}Ag
Kinyerése: amin-komplexek elektrolízise
- Cd-115m: $^{114}\text{Cd}(n, \gamma)^{115\text{m}}\text{Cd}$, $t_{1/2}=44,6$ nap, β^- , γ
- In-111: ciklotronban, $t_{1/2}=2,8$ nap, γ
- In-114: $^{113}\text{In}(n, \gamma)^{114}\text{In}$. γ . Neutrongenerátorok hozamának mérése
- In-114m: $^{113}\text{In}(n, \gamma)^{114\text{m}}\text{In}$. $t_{1/2}=50$ nap, β^- , EX, γ
- Sn-117m: $t_{1/2}=14$ nap, β^- , EX, γ
- I-123: Xe-123-ből keletkezik, ciklotron, $t_{1/2}=13$ óra, EX, γ ,
terhes nők, gyerekek
- I-125: $t_{1/2}=60$ nap, EX, γ
- I-131: $^{130}\text{Te}(n, \gamma)^{131}\text{Te} \rightarrow ^{131}\text{I}$: $t_{1/2}=8$ nap, β^- , γ
- Xe: \approx Kr, reprocesszálás

- Cs: urán hasadványa
 - Cs-134, $^{133}\text{Cs}(n, \gamma)^{134}\text{Cs}$, $t_{1/2}=2$ év, β^- , γ
 - Cs-137, $t_{1/2}=30$ év, β^- , majd $^{137m}\text{Ba} \xrightarrow{\gamma, 662\text{keV}} ^{137}\text{Ba}$

Hasadásnál meghatározott arányban keletkeznek, majd Cs-134 gyorsabban bomlik – szennyezés
- Re-186: $^{185}\text{Re}(n, \gamma)^{186}\text{Re}$, $t_{1/2}=90,6$ óra, β^- , orvosi alkalmazás
- Ir-192: $^{191}\text{Ir}(n, \gamma)^{192}\text{Ir}$, $t_{1/2}=74$ nap, β^- , EX, γ

(Ir-191: Mössbauer-mag, a hatás felfedezése is ezzel történt)
- Au-198: $^{197}\text{Au}(n, \gamma)^{198}\text{Au}$, $t_{1/2}=2,7$ nap, β^- , γ , Au kolloid aszkorbinsavas redukcióval- rákterápiánál használták
- Hg-203: $^{202}\text{Hg}(n, \gamma)^{203}\text{Hg}$: $t_{1/2}=46,6$ nap, β^- , γ
- A nagyobb rendszámúakat természetes radioaktív sorokból nyerik, kivéve:
- At-211: ciklotron, $t_{1/2}=7,21$ óra, α – orvosi alkalmazások
- Transzuránok