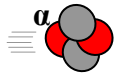


# RADIOAKTÍV SUGÁRZÁSOK

A radioaktív sugarak egyenes vonalú pályán repülnek ki az atommagból. A sugárzást szét lehet választani elektromos vagy mágneses mezővel. Így három fajtáját különböztetjük meg, melyekből kettő elektromos töltésűt el lehet téríteni az egyenes pályáról.

## ALFA-SUGÁRZÁS:



Az **alfa-részecske** ( $\alpha$ -sugár) **hélium atommag**, mely 4 nukleonból áll, 2 protonból és 2 neutronból. Így kétszeres pozitív töltésű héliumion, melynek a tömegszáma 4. Ezért, ha egy  $\alpha$ -részecske távozik az atommagból, új elem jön létre, melynek a tömegszáma 4-gyel, a rendszáma 2-vel kevesebb. Ez az elem a periódusos rendszerben 2 hellyel balra található.

A magátalakuláskor kilökött  $\alpha$ -részecskéknek 10 000 – 30 000 km/s a sebessége. Útjuk során, normál légköri nyomáson, a levegő részecskéivel ütközve ionizálják azt, centiméterenként néhányszor 10 000 ionpárt létrehozva. A részecskék energiájára általában a pálya hosszából (1–7cm) következtethetünk, mely általában jó közelítéssel centiméterenként 1 MeV energia. ( $1\text{MeV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ MJ}$ )

Az alfa-sugárzás áthatoló képessége igen kicsi. Egy vékony papírlap, alufólia, vagy az emberi bőr is könnyen elnyeli. Így csak a véletlenül lenyelt, vagy belélegzett  $\alpha$ -sugárzó veszélyes, mert közvetlenül az élő sejteket bombázva, elváltozásokat, rákosodást okozhat.

## BÉTA-SUGÁRZÁS:

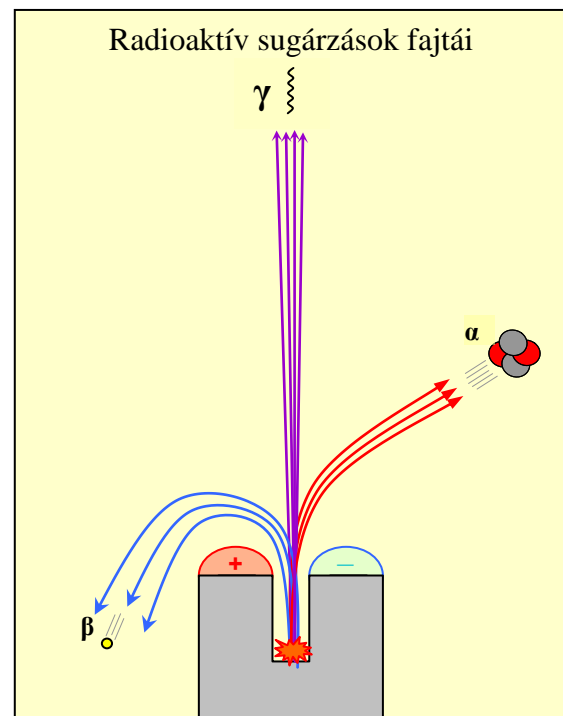


A **béta-részecske** ( $\beta$ -sugár) **elektron**, melynek a tömege igen kicsi, az  $\alpha$ -részecske tömegének közel 8 ezred része. A  $\beta$ -részecskék sebessége széles tartományban mozog, elérhetik a fénysebesség 99%-át is. Ionizáló képességük kicsi, levegőben centiméterenként 50 – 100 iont hoznak létre. A sugárzás energiája 0,01 – 4MeV.

A  $\beta$ -bomlás során a magban egy neutron protonná alakul, miközben az atommag egy elektront bocsát ki. A rendszám ( $Z$ ) eggyel nő ( $Z + 1$ ), a tömegszám ( $A$ ) változatlan marad. Így az új elem a periódusos rendszerben egy hellyel jobbra lévő lesz.

Pozitív béta-bomlásnál egy neutron keletkezik egy protonból, és egy pozitront lök ki az atommag.

A  $\beta$ -sugár áthatólképessége nagyobb az  $\alpha$ -sugárnál. Vastag papírlapon, méter vastag levegőrétegen, alufólián, vagy az emberi bőrön is át tud hatolni a néhány cm mélyen lévő szövetekig.



## GAMMA-SUGÁRZÁS: $\gamma$

A **gamma-sugár** ( $\gamma$ -sugár) a röntgen-sugaraknál is nagyobb energiájú **elektromágneses hullám**, melynek a hullámhossza  $5 \cdot 10^{-11}$  és  $5 \cdot 10^{-13}$  méter közé esik. Energiája akár a látható fény energiájának a milliószorosa is lehet (0,1 – 6MeV). Sebessége a fénysebességgel megegyezik, azaz 300 000 km/s a levegőben. Ionizáló hatása a legkisebb, kb. 10 000-red része az alfasugarakénak.

Gamma-sugárzás akkor jön létre, amikor az atom valamilyen bomlás után még gerjesztett állapotban van, és ezt egy vagy több gamma-fotonok formájában adja le. Ebben az esetben nem változik sem a rendszám, sem a tömegszám, csak a mag energiája. A gamma-sugár kibocsátása tehát nem változtatja meg az atommag összetételét.

A  $\gamma$ -sugár töltéssel nem rendelkezik, ezért áthatolóképesége a legnagyobb. Képes áthatolni betonfalon, centiméternél vastagabb ólomlemezen, több száz méter levegőn. Árnyékolása megfelelő vastag ólom, vas, vagy beton réteggel, fallal lehetséges.

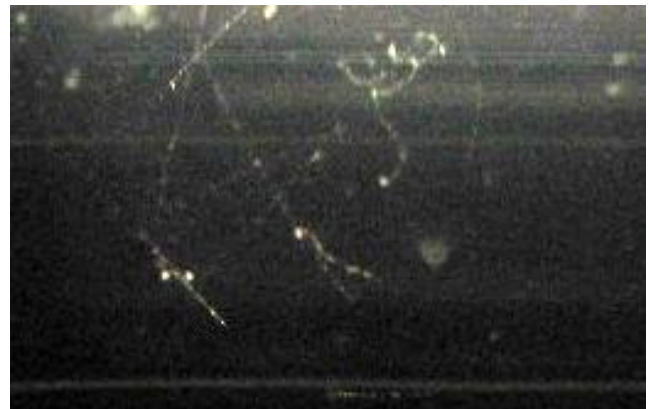
## DIFFÚZIÓS KÖDKAMRA

A sugárzásokat valamiféle "misztikum" lengi körül még mindig, mert semmilyen érzékszervünkkel nem érzékeljük, és amikor ér minket, az nem is fáj. **Hogyan lehet látni a láthatatlant?**

A diffúziós ködkamrával láthatóvá tehetjük e sugárzások pályáit. Mindenki saját szemével győződhet meg arról, hogy a sugárzások léteznek, jelen vannak.

Működése azon alapszik, hogy a részecskék ionizálják pályájuk mentén a légeret. Túltelített levegőben ezekre ködfonalszerűen kicsapódik a levegőben lévő pára. Így a részecskék a repülőgépek kondenzcsíkjához hasonló ködcsíkokat húznak maguk után. A diffúziós ködkamrában sokkal jobban és tovább láthatók az ionizáló részecskék hatása révén létrejött ködfonalak, mint az expanziós ködkamrában.

A több millió Ft értékű, **gyári diffúziós ködkamrákban**, az **elektromosan töltött részecskék** (elektronok, pozitronok, mezonok, protonok, alfa-részecskék) hagynak nyomot. A **fotonok** úgy hozhatnak létre nyomokat, hogy pl. „kiütnek” egy elektront az atomból. A **neutronok** közvetve hoznak létre nyomokat, ha atommaggal való ütközés során, a magból kilöknek töltött részecskéket, és ezek nyomai látszanak. A Paksi Atomerőmű bemutató termében láthatunk ilyen ködkamrát, csodálatosan kavargó, nyüzsgő ködfonalakkal.



# ÉPÍTSÜNK MI MAGUNK KÖNNYEN ELKÉSZÍTHETŐ DIFFÚZIÓS KÖDKAMRÁT!

## Diffúziós ködkamra anyagszükséglete:

Átlátszó fedelű, sötét aljú saláta tálka,  
Fém alátét (4 cm átmérőjű),  
Gázharisnya darab (Tóriumos sugárforrás),  
Szivacs gyűrű,  
Denaturált szesz, vagy tiszta alkohol, vagy etanol (fél dl bőven elég),  
Hungarocell lap, kb. 15x15x8 cm méretű, benne 8x8x5 cm-es üreggel  
Szárzajég kb.1 kg, (egy kísérlethez 1 maréknyi elég)  
Műanyagrúd vagy vonalzó egy kis szörmével.  
Zseblámpa, vagy íróasztallámpa, vagy LED lámpa

## A működtetéshez elegendő egy maréknyi szárzajég és 1-2 cm<sup>3</sup> alkohol.

Az egyszer használatos, eldobható, átlátszó fedelű, fekete aljú salátatál tökéletes kísérleti eszköz, és a legegyszerűbb megoldás.

Vegyük sorra, miket kell tenni a működőképes diffúziós ködkamráig?



salátatál tetővel

Két „nehéz” lépés következik:

**Kell szerezni kb. 1 kg szárzajéget**, azaz szilárd szén-dioxidot (300 Ft/kg), melyből körülbelül fél kg-mal könnyen elvégezhető a kísérlet a rajz szerinti összeállításban. A szárzajég nagyon hideg,  $-79^{\circ}\text{C}$ !!! Csak kesztyűvel nyúlunk hozzá, mert „égési” sérülést okozhat! A szárzajéget csak akkor szerezzük be, ha már minden készen áll a kísérlethez. Szállításához, tárolásához igen jó egy hungarocell doboz, vagy egy termosz, esetleg hűtőtáska.



szárzajég darab

Szárzajég **vásárolható** granulátum formában, vagy **beszerezhető** némelyik egyetemről, kutatóintézetről, korháztól. (Magyarországon a Messer Hungarogáz cégtől) Szén-dioxid hó **házilag is gyártható**, egy felfordított CO<sub>2</sub> palackból a gáz dupla tornazsákba való gyors kiengedésekor. Szén-dioxid palackot legkönnyebben a védőgázos hegesztőknél találhatunk.



tóriumos gázharisnya

**Szükséges még egy gyenge sugárzó anyag.** Ez lehet régen használatos tóriumos gázharisnya darab. Az új, most kapható gázharisnya nem jó erre a célra, mert már nem tesznek bele tóriumot. Viszont jó e célra még régi ébresztőóra (vekker) vagy karóra, melynek sötétben gyengén világító a mutatója, a számlapja.

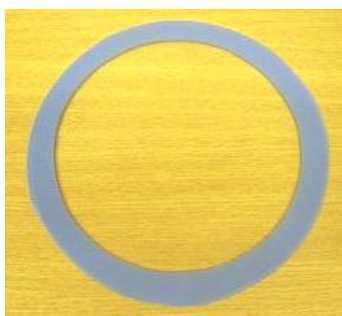
A tálka aljánál lévő kör alakú vájatba egy 4 cm átmérőjű **fémalátét, vagy rézkorong** kell a jó hővezetés céljából. Az előbbi csavarboltban megvásárolható.



fémalátét



fémalátét a tálka-alj közepén



szivacsgyűrű



tálka-alj szivacsgyűrűvel

A fekete tálka-alj peremére egy **szivacsgyűrűt** kell tenni, melyet kb. 1-2 cm<sup>3</sup> alkohollal kell majd átitatni.

Teljesen összeállított salátatál-ködkamra **denaturált szesszel** átitatott szivacsgyűrűvel.

A tál aljának közepén van a gyengén sugárzó tóriumos gázharisnya darab.

A tál mellett, a hatásosabb hűtést biztosító fém alátétgyűrű látható, melyet a szárazjég tetejére kell majd helyezni.



kész salátatál ködkamra



hungarocell doboz maréknyi szárazjéggel

A **szárazjeges dobozt 8 cm vastag hungarocell táblából** állíthatjuk össze úgy, hogy a belső mérete kb. 8x8x4 cm legyen. Ebbe fogjuk beletenni a granulátumos szárazjeget. Ha egybe fagyott darabban van a szárazjég, akkor műanyagzacskóba csomagolva törjük szét egy kalapáccsal egészen apróra.

Fontos, hogy középen hűtsük az edényt, a légáramlás (cirkuláció) miatt. Ezért tesszük a fémalátétet a szárazjég tetejére. Ezen keresztül fogja kb. -30°C-ra hűteni a tálka-alj közepét a mínusz 79°C-os szilárd szén-dioxid. A fémalátétre úgy tesszük rá a tálkát, hogy a tálka-alj közepénél lévő kör alakú mélyedésbe illeszkedjen.



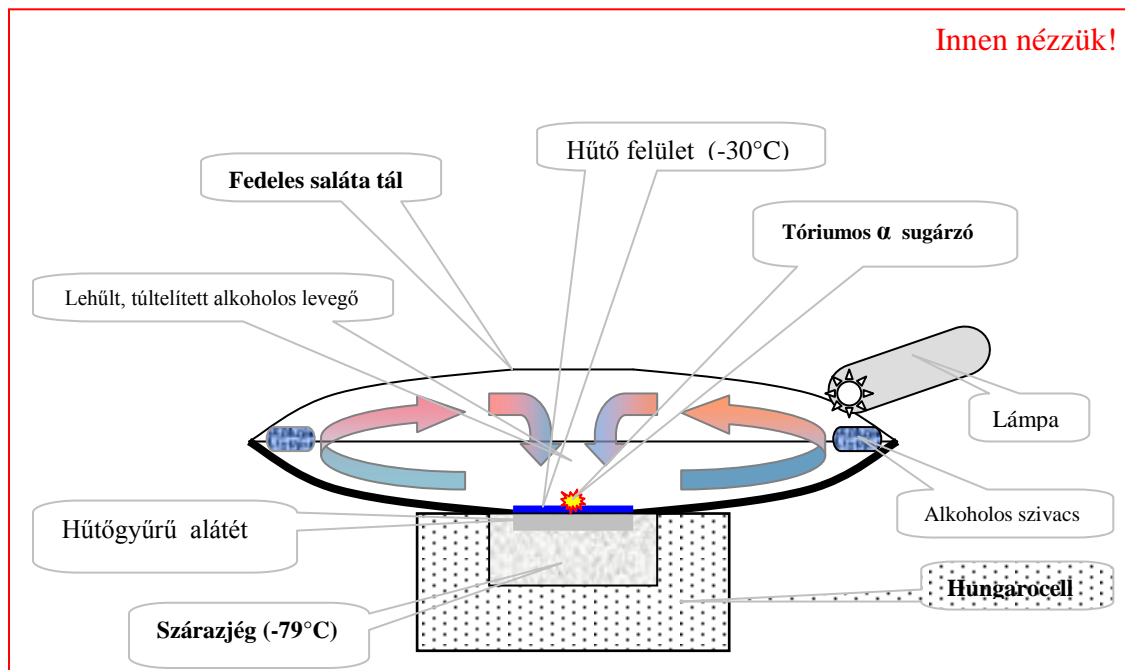
szárazjég, tetején fémalátét



műanyagrúd szőrmével

A ködkamra légterét meg kell tisztítani a lebegő portól és ionoktól. Ezt egy **szőrmével megdörzsölt műanyagrúddal**, vagy műanyag vonalzóval, fésűvel megtehetjük. A tisztító feszültséget biztosító elektromosan feltöltött testet elég időnként a ködkamratál tetejére tennünk. Ez magához vonzza a lebegő szennyeződéseket. Így tisztábban láthatók, élesebbek lesznek a keletkező ködfonalak.

A házi készítésű salátatál-ködkamra felépítését, működését az alábbi metszeti rajz mutatja:



A salátatál-ködkamrával a nagy ionizáló képességű alfa részecskék pályáját tudjuk láthatóvá tenni!

Könnyen, gyorsan és biztosan elvégezhető vele e látványos kísérlet. A sugárzó részecskék még a legjobb mikroszkóp alatt sem látszanak. A diffúziós ködkamrában a részecskék különböző nyomokat (ún. „ködfonalakat”) hoznak létre, melyek már az emberi szem számára is láthatók. A létrejövő nyomvonalak láthatóvá teszik a részecskék pályáját. E jelenség hasonló ahhoz, amikor egy repülő olyan nagy magasságban halad, hogy már nem látjuk, csak az általa létrehozott kondenzcsíkot.

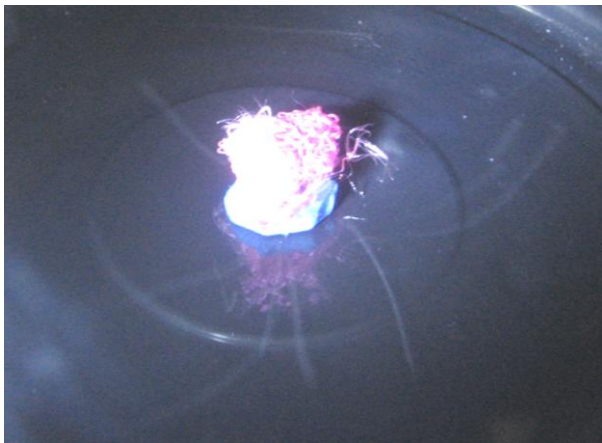
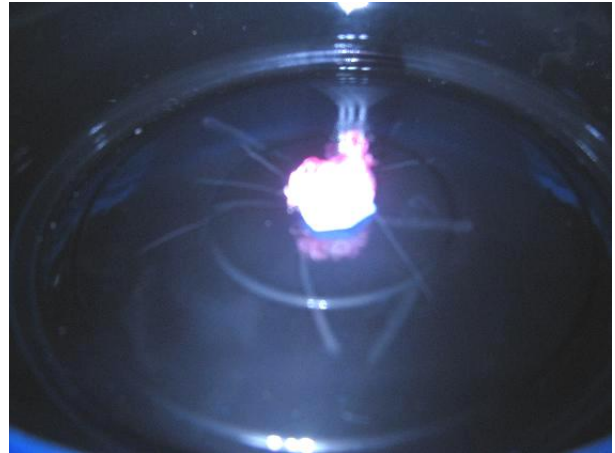
#### **A ködfonalak keletkezése, kialakulása a ködkamrában:**

A külső meleg levegő hatására az edény felső részében lévő szivacsgyűrűről elpárolgó alkoholgőz a felső középső rész felé áramlik. Az edény alsó középső részét hűtve, fentről ebbe az irányba áramlik tovább az alkoholgőzös levegő. A páradús levegő egyre jobban lehűtve túltelítetté válik. A hűtőtérnél a túltelített levegő szétterül az alsó felületen. Ekkor, az alkoholdús levegőből az erősen hűtött ( $-30\text{ °C}$  körüli hőmérsékletű) edény aljára apró cseppcsekék formájában az alkohol lecsapódik. A cseppfolyós alkohol fölött kialakul egy állandósult, néhány mm vastag túltelített réteg (itt az alkohol jelen van folyékony és gőz alakban is). E közegben folyamatosan létrejön a kondenzáció az alfa részecskék nyomán. Ebben a rétegben látszanak a töltött részecskék pályái, az általuk keltett ionokra kicsapódott

alkoholgőz cseppecskék révén. Ugyanis az alfa-részecskék útjuk során sok-sok gáz- és gőzmolekulával ütköznek, ionizálják azokat, amelyekre már (mint szennyeződésekre, kondenzációs magokra) ki tud csapódni a túltelített gőztérből az alkohol, létrehozva a látható ködfonalszerű nyomokat.

A „ködfonalak” hossza és struktúrája információval szolgálhat az ionizáló részecskék energiájáról és típusáról is.

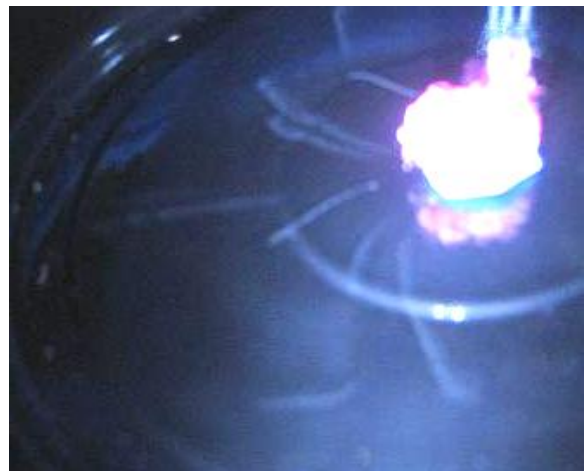
A részecskék energiájára általában a pálya hosszából következtethetünk, mely általában jó közelítéssel centiméterenként 1 MeV. Normál légköri nyomáson néhány 10 000 iont hoz létre cm-enként az alfasugár. Az ionizáló  $\alpha$ -részecskék 3-6 cm hosszú cérnaszerű ködfonalat húznak a túltelített légtérben. A tórium  $\alpha$ -bomló. A leányelemei között is vannak még  $\alpha$ -bomlók, ezért lehetséges más helyről kiinduló  $\alpha$ -részecske nyom is.



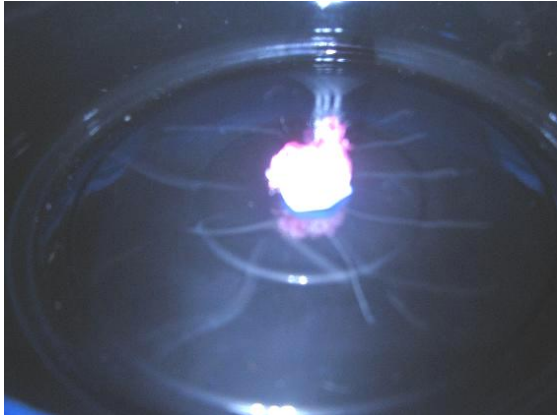
Magunk irányából kell **megvilágítani** egy **lámpa** (zseblámpa, LED-lámpa) **súroló fényével**.

A kondenzcsíkok a légáram és a gravitáció hatására elhajlanak és folyamatosan süllyednek.

Megfigyelhető, hogy a fonalak hossza különböző, és sokszor az egész rövid 1-2 cm-es fonál erőteljesebb, vastagabb. A ködfonalak legtöbbször a belső térben végződnek, de van, hogy a ködfonál nyílegyenesen a tálka falánál végződik. Előfordul, hogy a kondenzcsík nem a sugárforrásból indul ki, hanem mellette halad el. Ezt nagy valószínűséggel az emanációgáz bomlásából származott alfa részecske hozta létre.



A látható hosszuk néhány mm-től 7 cm-ig terjed. (Talán a zömük 3-6 cm közé esik.) A tálka alá helyezett mágnes közelében a pálya jól láthatóan elhajlik.



Az erős rövid fonalak nem a gázharisnya felszínéről, hanem mélyebbről (körülbelül századmilliméter mélységből) származnak, s így az  $\alpha$ -részek a levegőbe már sok-sok atommal való ütközés után lelassulva, kisebb kinetikus energiával lépnek ki. Ezek centiméterenként több ionpárt hoznak létre - ezekre több gőz tud kicsapódni -, vastagabb a ködfonal.

Megfigyelhető ez egyébként minden elhaló ködfonálnál is, a végei mindig kicsit vastagabbak. *A sebesség csökkenésével az ionizáló képesség nő!*

Láthatók időnként elmosódott, szalagszerű, halványabb kondenzcsíkok is. Ennek oka az, hogy néhány tized másodperccel korábban a túltelített légtér fölött repült el egy részecske. A részecske által létrehozott ionok diffúziója eredményezi, hogy a térben néhány mm-re eltávolodnak az eredeti helyükről, és így már bekerülnek a túltelített légtérbe. Ekkor csapódik ki rájuk a gőz, szélesebb, halványabb ködszalagot létrehozva.

Sötétített teremben lehet jól látni a ködfonalakat, ha oldalról megvilágítjuk. Ha nincs sötétítés, akkor egy közepes méretű kartondobozzal letakarva a ködkamrát, a doboz egyik sarkánál kivágott résen át nézhetjük a jelenséget.

A világítás akkor jó, ha sűrűfényt állítunk elő. Ha nem zseblámpával világítunk, vagy egy régi diavetítővel, akkor még jobb a mostanában már olcsón kapható hidegfényű LED-zseblámpa.

Ha van lehetőségünk rá, mi magunk is készíthetünk 12 V-ról működő, sűrű fényű fényforrást. A tálka alsó részébe készített 4 furatba betett, korlátozó ellenállás nélkül sorbakötött fehér LED-ekkel kitűnő megvilágítást érhetünk el.



**sorbakötött fehér fényű LED-ek**

Ha nem kellő tisztaságú az alkohol, akkor zavaró zúzmara képződés az edény alját fehérre változtatja. E háttér felett nem láthatók a ködfonalak!

A kísérletet célszerű többször elvégezni, begyakorolni, mielőtt bemutatnánk másoknak.

A legnagyobb gondot a szárászjég és a tóriumos gázharisnya beszerzése okozza.

Jól elvégezhető a kísérlet folyékony nitrogénnel és régi világítós óraszámleppal, vagy sugárzó csempével, porcelánnal is.

Az egész eszköz elkészítése minimális eszköz és anyag igényű, kb. 1 – 2 órás munkával kényelmesen összeállítható.