

# A ködkamra

## HOGYAN ÉPÍTSÜNK KÖDKAMRÁT OTTHON?

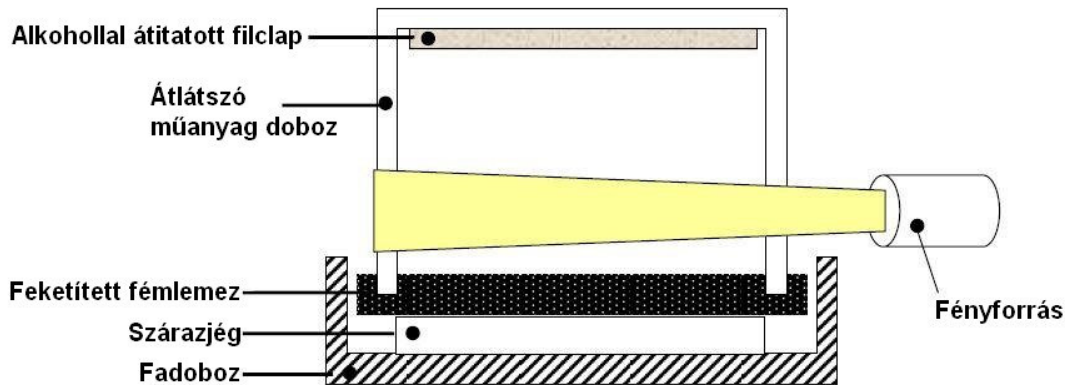
Az Univerzumból –ránk veszélytelenül, de mégis láthatatlanul– folyamatosan részecskék záporoznak a földre. A ködkamrák olyan detektorok, melyek láthatóvá teszik ezen részecskék pályáját. Néhány évtizeddel ez előtt, a CERN első kísérletei ilyen detektorokat használtak a részecskepályák mérésére. Vajon nem lenne jó dolog megépíteni egy ilyen detektort otthon? Ebben a cikkben megmutatjuk, hogyan építhetünk egy, a saját vizsgálatainkhoz megfelelő detektort otthon, könnyen fellelhető anyagokból...

### **Hozzávalók:**

- Egy átlátszó műanyag doboz, melynek síklapokból vannak az oldalai. A doboz legyen körülbelül 15 cm magas és 20x30 cm alapterületű (legyen ekkora a szája is).
- Egy minimum 5 mm vastag fémlemez, amely teljesen lefedi a műanyag doboz száját (a lemeznek kicsit nagyobbnak kell lennie, mint a doboz szája). Legyen ez a lemez (matt) fekete és tartalmazzon egy olyan körbefutó vágatot, melybe illeszkedik a műanyag doboz szája. Lehet, hogy nehéz beszerezni eléggé fekete fémlemezt. Ekkor megpróbálhatjuk a lemezt fekete szigetelőszalaggal bevonni.
- Néhány milliméter vastag filclap, amely beleillik a műanyag doboz aljába.
- Négy klipsz (pl. ragasztható kábelkötegelő-rögzítő + a hozzávaló kábelkötegelő), amikkel a filc a műanyag doboz aljához rögzíthető.
- Egy olyan körülbelül 5 cm magas fadoboz, melynek szája kicsivel nagyobb, mint a fémlemez mérete. Ebbe a dobozba kerül majd a szárazjég, melyet a fémlemizzel fedünk le. A fadoboz csak annyira legyen magas, hogy beleférjen a szárazjég és a fémlemez, de ne takarjon el lehetőleg semennyit sem a műanyag dobozból.
- Nagyon erős fényforrás, például írásvetítő lámpája, vagy egy erős elemlámpa.
- Nagyon tiszta (az általában boltban árult 70%-osnál tisztább) izopropil-alkohol. A kísérlet csak ezzel működik jól, de mérgező, így gyermekek elől tartsuk elzárva.
- Szárazjég. Vigyázat! A szárazjég hőmérséklete  $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ , így mindig húzzunk fel egy vastag kesztyűt, ha hozzáérünk, különben fagyási sérülést okoz.
- Munkavédelmi szemüveg a szárazjéggel történő munkavégzéshez.
- Vastag kesztyű a szárazjég-, valamint gumikesztyű az alkohol kezeléséhez.

### **Vigyázat!**

**Az izopropil-alkohol nem iható! Megivása súlyosan károsítja az egészséget. Gyermekektől tartsuk távol. Csak gumikesztyűvel nyúljunk hozzá. A szárazjég hőmérséklete  $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ami megfagyasztja a bőrt, ha hozzáér. Így mindig viseljünk vastag kesztyűt és munkavédelmi szemüveget, ha vele dolgozunk. A szárazjéghez gyermekek csak felnőtt felügyelete mellett nyúlhatnak! A szárazjég hó hatására szublimál. A felszabaduló  $\text{CO}_2$  nagy mennyiségben veszélyes, csakúgy, mint az izopropil-alkohol, így jól szellőző helyiségben végezzük el a kísérletet.**



## A KÖDKAMRA MEGÉPÍTÉSE:

### 1. A fémlemez előkészítése

Ha nem tudunk fekete fémlemez szerezni, akkor megpróbálhatjuk a rendelkezésre álló fémlemez egyik oldalát fekete szigetelőszalaggal bevonni. Így később könnyebben láthatjuk meg fekete háttér előtt a fehér részecskenyomokat. A kísérlet közben a fémlemez alkohollal lesz kapcsolatban, így ne használjunk olyan szigetelőszalagot, melyet, vagy amelynek ragasztóját az alkohol oldja. Ha azonban sikerül fekete fémlemez szerezni, akkor ezt a lépést természetesen kihagyhatjuk.

### 2. Az alkohol adagoló előkészítése:

Ragasszuk a kábelkötegelő-rögzítőket a műanyagdoboz aljára, majd rögzítsük ezekhez a filcet a kábelkötegelőkkel. Ez a filc később alkohollal átítatva szitáló ködszerű alkoholgőzt fog előállítani. Ha a filc rögzítését megelőzően kis lyukakat fúrunk a műanyagdoboz aljára, akkor a kísérlet közben is tudunk alkoholt a filcre csöpögtetni, ez által hosszabb ideig működtethető a ködkamra.

### 3. A kamra feltöltése alkohollal

A fenti előkészítő lépések elvégzése után a kamra feltölthető alkohollal. Ehhez a művelethez használjunk gumikesztyűt. Ezzel megelőzhető a nagy mennyiségű alkoholnak a bőrre kerülése. Itt újból felhívjuk a figyelmet arra, hogy az izopropil-alkohol nem iható, valamint arra, hogy gyermekektől tartsuk távol. Nagyon fontos azonban az, hogy ezt az alkoholt használjuk, mivel mással ez a kamra nem működik. (Természetesen az is lehet kísérlet tárgya, hogy vajon van-e olyan ártalmatlan helyettesítő anyag, melyjel a kamra megbízhatóan működtethető –a fordító megjegyzése) Az alkoholt a filcre kell csöpögtetni olyan mennyiségben, hogy az a filcet teljesen átáztassa. Ennek az alkoholnak a gőzében jelennek meg később a részecskepályák. Ha a rendelkezésre álló fémlemezen van körbefutó mélyedés (melybe illeszkedik a műanyag doboz szája), akkor oda is tegyünk egy kis alkoholt, ezzel ugyanis javítjuk a kamra szigetelését.

### 4. A kamra összeszerelése

A kamra most már készen áll az összeszerelésre. Helyezzük a fémlemez a műanyag doboz szájára úgy, hogy a fekete oldala a doboz belseje felé essen, majd fordítuk fejjel lefelé az egészet. Ezzel mind a műanyag doboz szája, mind a fémlemez alulra kerül. Igazítsuk meg a műanyag dobozt úgy, hogy annak szája a fémlemezen kiképzett vágatba

essen. Legyen a vájatban alkohol, mert segít szigetelni a kamrát. Ha a fémlemezen nincs vájat, akkor például fekete szigetelőszalaggal lehet megoldani a kamra szigetelését. Figyeljünk arra, hogy a kamra szigetelése minél tökéletesebb legyen.

### **5. A szárazjég hozzáadása**

Tegyünk szárazjeget a fadobozba. A művelet elvégzéséhez használjunk vastag kesztyűt (például vastag téli kesztyűt, vagy vastag munkavédelmi kesztyűt) és védőszemüveget. Ne felejtsük el, hogy a szárazjég hőmérséklete  $-78\text{ °C}$ ! Végül helyezzük az előbb a feje tetejére fordított kamrát a szárazjégre.

**EZZEL KÉSZ A KÖDKAMRA!**

### **6. A ködkamra működtetése**

Néhány percre el kell telnie addig, amíg kamrába töltött gáz egyensúlyi állapotba kerül és láthatóvá válnak az első részecskenyomok. Ekkor oltjuk le a labor világítását, kapcsoljuk fel lámpánkat (zseblámpát, vagy az írásvetítő lámpáját) és irányítuk a kamra aljára. Először szitáló köd-szerű alkoholgőzt fogunk látni. A kamra érzékeny térfogata – azaz az a térrész, ahol a részecskepályák megjelennek – a kamra alsó másfél-két centiméter vastag rétege. Figyeljünk arra, hogy a kamra a kísérlet alatt végig jól szigetelt legyen, azaz ne szivároгjon be levegő.

Körülbelül tíz perc elteltével megjelennek a kamrán áthaladó részecskék nyomai. Ezek a nyomok leginkább a kamra aljával párhuzamosan futó pókfonalakra hasonlítanak. Általában percenként több nyom is látható. Amennyiben szükséges, a kamra tetején levő lyukakon keresztül adagolható még alkohol anélkül, hogy a kamrát ki kellene nyitni.

### **MIT LÁTHATUNK A KAMRÁBAN?**

A különböző kozmikus részecskék eltérő nyomokat hagynak hátra. Láthatunk "fényes" és vastag nyomokat, míg mások viszont halványak. Az egy részecskétől származó egyenes pályák mellett megfigyelhetők még az alábbi pályatípusok is:

- Egyenes nyom, mely élesen balra, vagy jobbra "törik". Ez a müon bomlása. A szaggatott vonalakat követő pályákon a neutrínó nevű részecskék repülnek, melyeket ez a kamra sajnos nem érzékel.
- Három egyenes nyom, melyek egy pontban találkoznak. Ebben az esetben az egyik nyom a "bejövő" kozmikus részecske (rendszerint müon), mely meglöki a kamrában levő gáz egyik elektronját. A meglökött elektron és az eltérült kozmikus részecske hozza létre a másik két nyomot.
- Nagyon cikk-cakkos, kaotikus nyom. Ez az úgynevezett "többszörös szórás", amikor egy kis energiájú kozmikus részecske sorozatosan ütközik a kamra töltőgázát alkotó atomokkal.

### **A KAMRA MŰKÖDÉSI ELVE:**

A kamra felső része szobahőmérsékletű, így az ott elhelyezett filcből párolog az alkohol, majd ez az alkoholgőz lassan a kamra aljára süllyed. Mivel nagyon sok alkoholt tettünk bele, a kamra telítődik az alkohol gőzével. A kamra alját a szárazjég hűti, így a lesüllyedő alkoholgőz túltelítetté válik. Ez azt jelenti, hogy az alkohol még gáz halmazállapotú, de a

hőmérséklete már a forráspontja alatt van. Ez olyan, mintha 95 °C-os vízgőzt állítanánk elő. Mivel ekkor a gőz már olyan hideg, ami a folyadék halmazállapotot indokolná, így a halmazállapot-változás bármilyen, ezt a kényes egyensúlyt megzavaró hatásra bekövetkezik.

Mi történik akkor, ha egy kozmikus részecske áthalad a kamrán? A részecske ionizálja az alkoholgőzt: pályája mentén elektronokat szakít le a környező gáz molekuláiról, így pozitívan töltött molekulákat hagy hátra (pozitív a visszamaradó töltésállapot, hiszen negatív töltésűek az eredetileg semleges molekuláról leszakadó elektronok).

Ez elegendő mértékű hatás ahhoz, hogy beinduljon a kondenzáció: a kamrán áthaladó részecske pályája mentén apró alkoholcseppecskék alakulnak ki. Ezekből a cseppecskékből rajzolódik ki a részecske pályája.

### **HA MÉGSEM MŰKÖDNE...**

Mint minden valóságos kísérletnél, így ködkamránknál is előfordulhat olyan, hogy legjobb szándékunk ellenére sem megy minden simán. Az alábbiakban néhány gyakori problémát és megoldását adjuk közre:

- "Nem látok egy nyomot sem!"

Megoldás: Változtassunk a megvilágításhoz használt lámpa helyzetén. A kamra érzékeny térfogata annak alsó részén helyezkedik el, pontosan ott, ahol a túltelített alkoholgőz is van. Győződjünk meg arról, hogy a szárazjég jól van elhelyezve a fémlemez alatt és a lemez tökéletesen fekszik fel rajta. Szükség esetén adjunk még alkoholt a kamrához azért, hogy a kamrában az alkoholgőz telített legyen. Ellenőrizzük, hogy a kamra nem szivárogo-e.

- "Csak köd látszik, de nem látok egy nyomot sem!"

Megoldás: Várjunk. Körülbelül 10-15 perc szükséges ahhoz, hogy a kamra "beálljon" a megfelelő hőmérsékletre. Figyeljünk arra, hogy a megfelelő alkoholt (izopropil-alkohol) használjuk - más alkoholnak más az aktivációs energiája, így a kozmikus sugarak energiája esetleg nem lesz elég a kondenzációs folyamat beindításához.

- "Sűrű felhők látszanak a kamra széle és a fémlemez találkozásánál."

Megoldás: Nagyon valószínű, hogy a kamrába beszivárogo a levegő. Ellenőrizzük a kamra tömítését.

### **TOVÁBBI OLVASNIVALÓK:**

A ködkamráról és a kozmikus sugárzásról további információk az alábbi honlapokon találhatóak:

A. Foland ködkamra oldala (szerzők is innen kapták az ötletet a fenti kísérlethez!)

<http://w4.lns.cornell.edu/~adf4/cloud.html>

Cambridgephysics

[www-outreach.phy.cam.ac.uk/camphy/cloudchamber/cloudchamber\\_index.htm](http://www-outreach.phy.cam.ac.uk/camphy/cloudchamber/cloudchamber_index.htm)

Ködkamrák:

<http://www.cloudchambers.com/>

Science Learning Network

[http://www.jsf.or.jp/sln/fog\\_e/indexpre.html](http://www.jsf.or.jp/sln/fog_e/indexpre.html)

A CERN-i ködkamra-gyakorlatot tervezték és kivitelezték:  
D. Bertola, M. Cirilli, J. Flammer, G. Schlager, S. Schuh, P. Schune

A magyar fordítást készítette:  
Szillási Zoltán