

A ködkamra

HOGYAN ÉPÍTSÜNK KÖDKAMRÁT OTTHON?

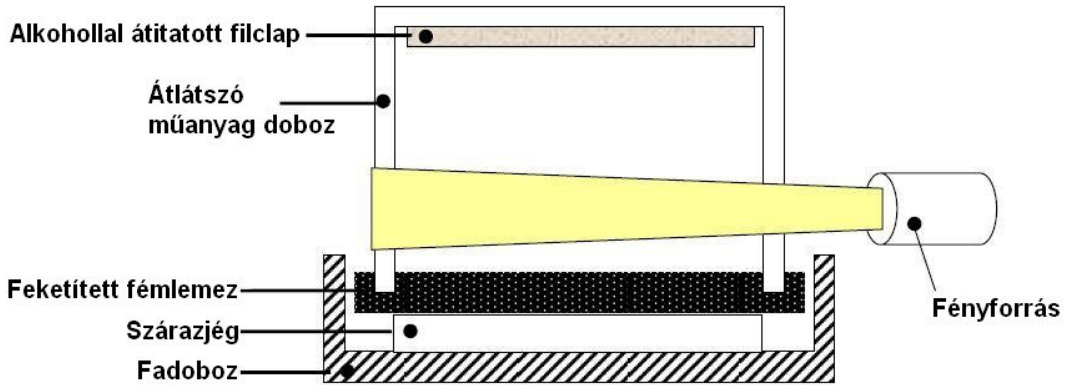
Az Univerzumból –ránk veszélytelenül, de mégis láthatatlanul– folyamatosan részecskék záporoznak a földre. A ködkamrák olyan detektorok, melyek láthatóvá teszik ezen részecskék pályáját. Néhány évtizeddel ez előtt, a CERN első kísérletei ilyen detektorokat használtak a részecskepályák mérésére. Vajon 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 fémlap, amely teljesen lefedi a műanyag doboz száját (a lemeznek kicsit nagyobbak kell lennie, mint a doboz szája). Legyen ez a lemez (matt) fekete és tartalmazzon egy olyan körbefutó vajat, melybe illeszkedik a műanyag doboz szája. Lehet, hogy nehéz beszerezni eléggé fekete fémlapozt. Ekkor megpróbálhatjuk a lemezt fekete szigetelőszalaggal bevonni.
- Néhány milliméter vastag filclap, amely beleillik a műanyag doboz aljába.
- Négy klipsz (pl. ragasztható kábeltötegelő-rögzítő + a hozzávaló kábeltötegelő), amikkel a filc a műanyag doboz aljához rögzíthető.
- Egy olyan körülbelül 5 cm magas fadóboz, melynek szája kicsivel nagyobb, mint a fémlap mérete. Ebbe a dobozba kerül majd a szárazjég, melyet a fémlappal fedünk le. A fadóboz csak annyira legyen magas, hogy beleférjen a szárazjég és a fémlap, 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 nyúlunk 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 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 fémlemezt 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 fémlemezt szerezni, akkor ezt a lépést természetesen kihagyhatjuk.

2. Az alkohol adagoló előkészítése:

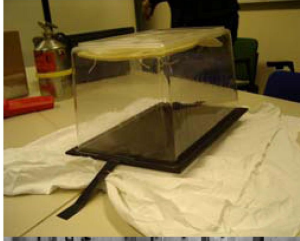
Ragasszuk a kábelkötegelő-rögzítőket a műanyagdoboz aljára, majd rögzítsük ezekhez a filcet a kábelkötegelőkkel. Ez a filc később alkohollal átitatva szitáló ködszerű alkoholgőzt fog előállítani. Ha a filc rögzítését megelőzően kis lyukakat fúrunk a műanyagdoboz aljára, akkor a kísérlet közben is tudunk 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

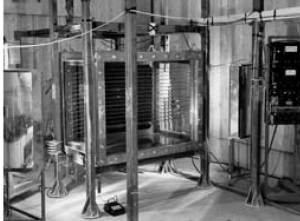
A kamra most már készen áll az összeszerelésre. Helyezzük a fémlemezt a műanyag doboz szájára úgy, hogy a fekete oldala a doboz belseje felé essen, majd fordítuk fejjel lefelé az egészet. Ezzel mind a műanyag doboz szája, mind a fémlemez alulra kerül. Igazítsuk meg a műanyag dobozt úgy, hogy annak szája a fémlemezen kiképzett vátatba essen. Legyen a vátatban alkohol, mert segít szigetelni a kamrát. Ha a fémlemezen nincs vátat, akkor például fekete szigetelőszalaggal lehet megoldani a kamra szigetelését. Figyeljünk arra, hogy a kamra szigetelése minél tökéletesebb legyen.



5. A szárazjég hozzáadása

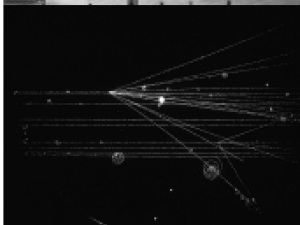
Tegyünk szárazjeget a fadobozba. A művelet elvégzéséhez használjunk vastag kesztyűt (például vastag téli kesztyűt, vagy vastag munkavédelmi kesztyűt) és védőszemüveget. Ne felejtsük el, hogy a szárazjég hőmérséklete $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$! Végül helyezzük az előbb a feje tetejére fordított kamrát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

EZZEL KÉSZ A KÖDKAMRA!

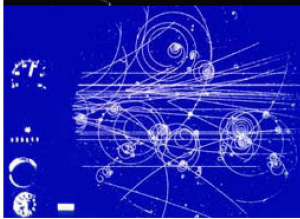


6. A ködkamra működtetése

Néhány percnél kell teltnie 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 percnként több nyom is látható. Amennyiben szükséges, a kamra tetején levő lyukakon keresztül adagolható még alkohol anélkül, hogy a kamrát ki kellene nyitni.



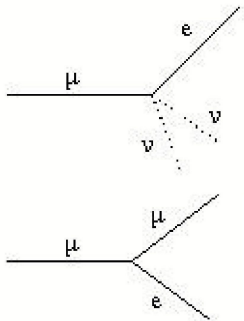
MIT LÁTHATUNK A KAMRÁBAN?

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.

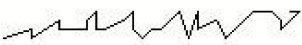
Három egyenes nyom, melyek egy pontban találkoznak. Ebben az esetben az egyik nyom a "bejövő" kozmikus részecske (rendszerint müon), mely meglöki a kamrában levő gáz egyik elektronját. A meglökött elektron és az eltérült kozmikus részecske hozza létre a másik két nyomot.

Nagyon cikk-cakkos, kaotikus nyom. Ez az úgynevezett "többszörös szórás", amikor egy kis energiájú kozmikus részecske sorozatosan ütközik a kamra töltőgázát alkotó atomokkal.

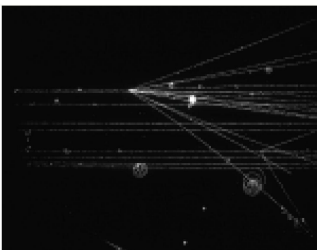


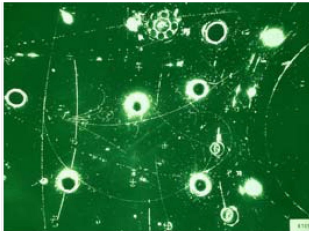
A KAMRA MŰKÖDÉSI ELVE:

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 $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ -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!"

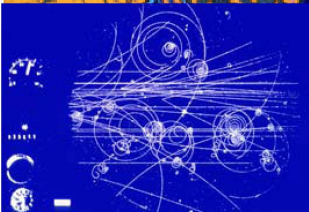
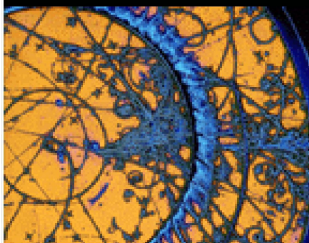
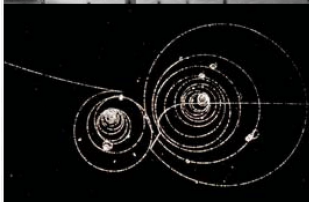
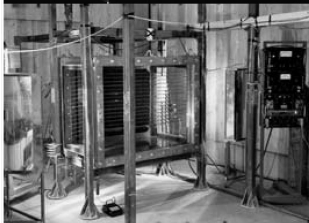
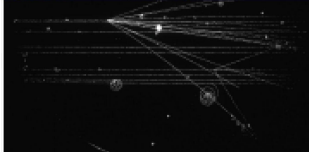
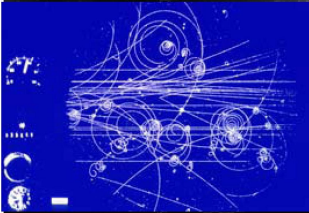
Megoldás: Változtassunk a megvilágításhoz használt lámpa helyzetén. A kamra érzékeny téréfogata annak alsó részén helyezkedik el, pontosan ott, ahol a túltelítet alkoholgőz is van. Győződjünk meg arról, hogy a szárazjég jól van elhelyezve a fémlemez alatt és a lemez tökéletesen fekszik fel rajta. Szükség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

Ködkamrák:

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

Science Learning Network

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