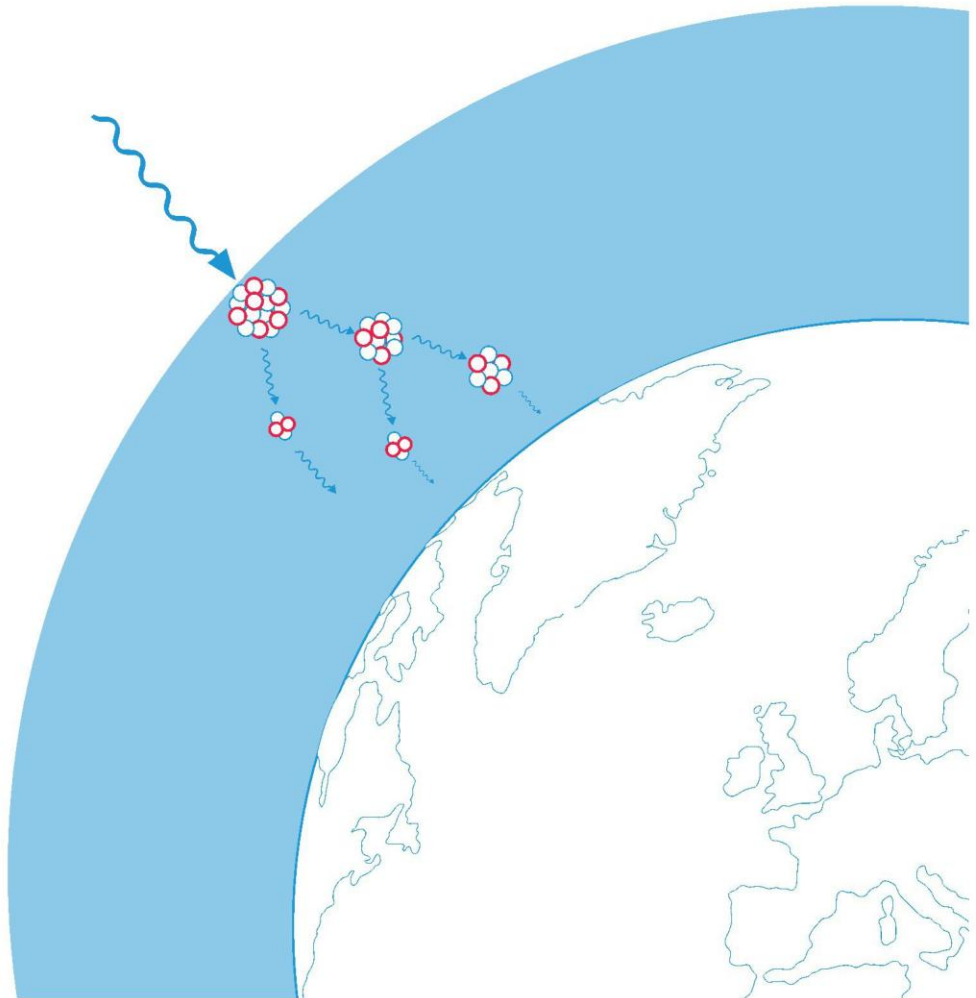
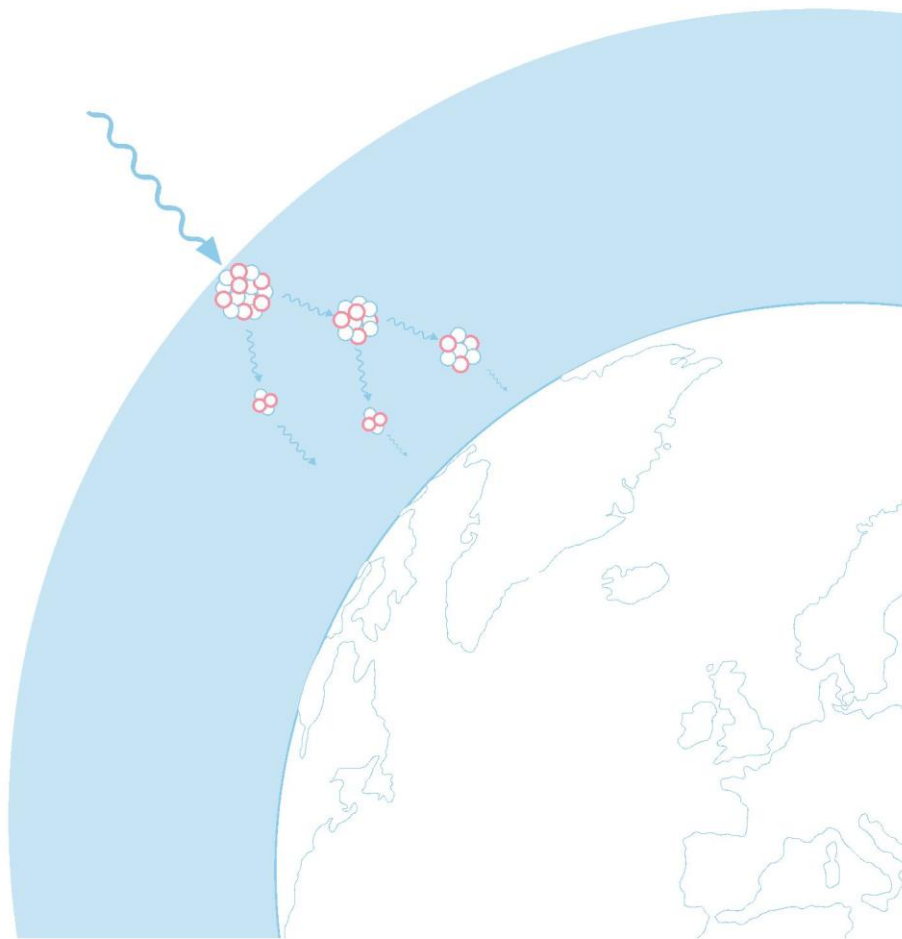


Tanítsunk a világűrrel!

→ KÖDKAMRA

Radioaktivitás űrbeli körülmények között





Alapadatok

3. oldal

Háttér

4. oldal

A kísérlet előkészítése

6. oldal

Válaszok a megbeszélés kérdéseire

8. oldal

A tanulói munkalapok megoldásai

11. oldal

Linkek

12. oldal

→ KÖDKAMRA

Radioaktivitás űrbeli körülmények között

ALAPADATOK

Korosztály: 14–18 év

Típus: tanári demonstráció/csoportos gyakorlati tevékenység

Nehézségi fok: közepes

A tanár felkészülési ideje: 5 perc ködkamráként

Tanítási idő: 1 óra

Készletenkénti költség: közepes (5–25 euró ködkamráként)

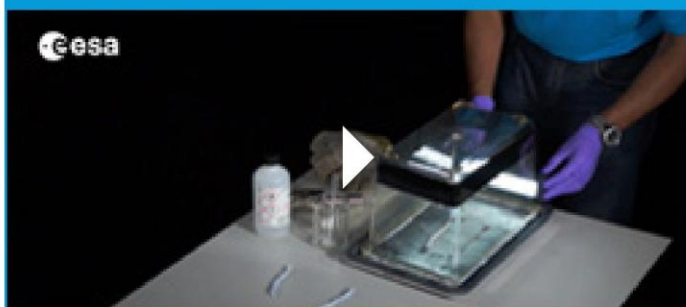
Helyszín: kis, beltéri helyiség

Eszközök: alacsony energiájú sugárforrás, szárazjég (szilárd CO₂), alkohol

Mit tanulnak meg a tanulók?

- Elemi részecskék
- Részecskék kölcsönhatásai
- Rendszám, tömegszám
- Sugárzás és radioaktív bomlás
- Radioaktív bomlás mint az űrhajókhoz használható energiaforrás
- Az ionizáló sugárzás negatív hatásai az elektronikai eszközökre
- Töltött részecskék és mágneses mezők közötti kölcsönhatások
- Kozmikus sugarak és kölcsönhatásuk a légkörrel

Amire még szükség van



↑ Videó a ködkamráról (VP03). Lásd a „Linkek” részt.

Áttekintés

A ködkamrák olyan dobozok, amelyeket töltött részecskék és sugárzás észlelésére alakítottak ki. Ebben a tevékenységben ködkamrát használunk az alfa-részecskék és béta-részecskék – a tórium-232 radioaktív bomlásakor kibocsátott, töltött részecskék – megfigyelésére. A tanulóknak már ismernie kell a radioaktív bomlás fogalmát és az alfa- és béta-sugárzás közötti különbséget. A kísérlet a radioaktív bomlás fizikai demonstrációjával járul hozzá a tanulók ismereteinek elmélyítéséhez.

A tanulók megfigyelik a kondenzációs nyomot, amelyet a töltött részecskék hagynak a ködkamrában, és megtanulják ennek a nyomnak a tulajdonságai alapján azonosítani a részecskéket. A ködkamrában láthatók a kozmikus sugárzás által okozott nyomok, ez kiindulópontként szolgálhat a kozmikus sugárzás ismertetéséhez és annak megbeszéléséhez, hogy a Föld légköre hogyan téríti el ezeket a sugarakat. A tanulók gyakorolják a radioaktív bomlás egyenleteinek felírását és a számítások végzését. Megbeszéljük, mit jelent a sugárzás az ESA-ra nézve, ideértve a sugárzás káros hatásait az áramkörökre, illetve a radioaktív bomlás energiaforrásként való használatát.

Miben fejlődnek a tanulók?

- Általános kísérletezési készségek, köztük a felszerelések megfelelő használata, megfigyelések végzése és rögzítése.
- Eredmények kommunikálása és megbeszélése, ehhez releváns kérdések feltétele egy téma megértése és az azzal kapcsolatos ismeretek mélyítése érdekében.
- A kísérleti megfigyelések révén megszerzett ismeretek alkalmazása elméleti problémák megoldására.

→ HÁTTÉR

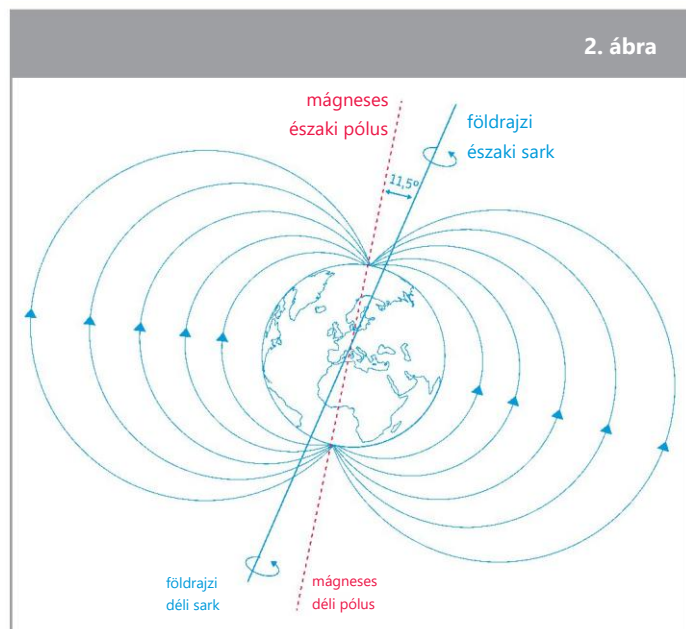
Az első ködkamra megalkotásakor a fizika egy új ága jött létre: a részecskék és azok kölcsönhatásainak vizsgálata. A ködkamrák segítségével megfigyelhetjük a töltött részecskéket, hogy megállapíthassuk, milyen tulajdonságokkal rendelkeznek, és így jobban megismerhessük őket.

A kamrában alkoholmolekulák vannak gőz formájában, ezek ionizálódnak, amikor a közelükben haladnak el a töltött részecskék. Ennek hatására az alkoholgőz folyékony cseppekké kondenzálódik, így láthatóvá válik a nyom (kondenzcsík, ködfonal), ahol a töltött részecskék kölcsönhatásba léptek az alkohollal. A nyom hossza és vastagsága a részecske tömegétől függ.

Ezek a töltött, ionizáló részecskék számos forrásból származnak, például anyagok radioaktív bomlásából. A radioaktív bomlás során a nem stabil atomok kisebb, stabilabb atomokká válnak, ami vagy alfa-sugárzást (két neutronból és két protonból álló részecske) vagy béta-sugárzást (egy elektron vagy egy **pozitron***) kelt.



↑ Az ESA Swarm műholdjai a Föld körül keringenek, annak mágneses mezejét tanulmányozva.



↑ A Föld mágneses mezeje. Vegyük észre, hogy a forgástengely és a mágneses mező tengelye más helyzetben állnak, és nem a Föld középpontjában metszik egymást.

A radioaktív bomláson kívül sok ionizáló sugárzás van még jelen az űrben, ezek forrása többek között a **kozmosz sugárzás***, a **napszél***, és a **koronakidobódás***. A mozgó töltött részecskéket a mágneses mezők eltérítik, így a Földet nagyrészt megvédi az űrből érkező ionizáló sugárzástól saját mágneses mezeje, a magnetoszféra – ezt jelenleg az ESA Swarm (1. ábra) és Cluster műholdjai vizsgálják. A magnetoszféra a Föld magjában található mágneses elemeknek, a vasnak és a nikkelnek a mozgása miatt jön létre. A Föld mágneses erővonalai a 2. ábrán láthatók.

* **Pozitron:** az elektronnal megegyező tömegű, de azzal ellentétes töltésű részecske.

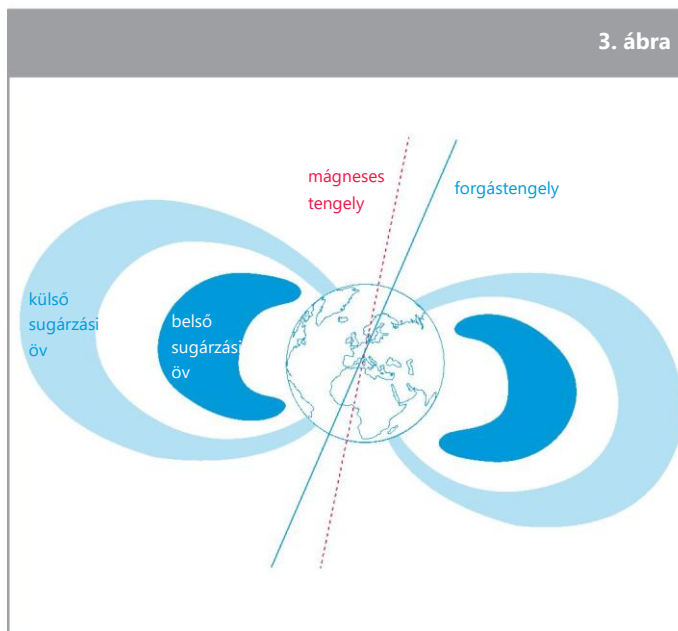
Kozmikus sugárzás: nagyon nagy energiájú részecskék, főként protonok és atommagok, amelyek a Napból és a Naprendszeren kívüli testekből származnak.

Napszél: a Napból származó, töltött részecskék – főként elektronok és protonok – árama.

Koronakidobódás: elektromágneses sugárzás, részecskék és mágneses mezők kilökődése a napkoronából az űrbe.

A töltött részecskéket és a sugárzást befogják a Föld mágneses erővonalai, amelyek a 3. ábra szerint, a külső és belső **Van Allen sugárzási övekben*** koncentrálnak. Ez káros hatással lehet a Föld körül keringő űreszközök elektronikus berendezéseire. A sugárzást ugyanakkor jóra is használhatjuk. Űreszközök meghajtása alapulhat a Seebeck-effektuson: két elektromos vezető hőmérséklet-különbsége (amit az egyik sugárzással való felmelegítésével érünk el) feszültségkülönbséget, ezáltal áramot hozhat létre.

A ködkamrát továbbfejleszthetjük mágneses mező létrehozásával, ami eltéríti a mozgó töltött részecskéket. Az eltérítés iránya és mértéke a részecske töltöttségétől függ. Ennek a ténynek fontos szerepe volt az antianyag 1932-es felfedezésében, amikor Carl Anderson ködkamrát és mágneses mezőt használt a kozmikus sugarak – az űrből érkező töltött részecskék – megfigyelésére, és azt tapasztalta, hogy bizonyos részecskék a várakozásokkal ellentétes irányba térültek el.



3. ábra

↑ Van Allen sugárzási övek. Két, tórusz (fánk) alakú kör a Föld körül, ahol a befogott töltött részecskék találhatók.

* **Van Allen sugárzási övek:** nagy energiájú töltött részecskékből álló rétegek a Föld körül, amelyeket a mágneses mező tart a helyén. A Föld felszíne feletti magasságuk 1000-60 000 km között változik.

→ A KÍSÉRLET ELŐKÉSZÍTÉSE

Az ESA oktatási anyagait tartalmazó oldalon elérhető „Tanítsunk a világűrrel! – ködkamra | VP03” videó bemutatja a ködkamra használatát és az összeállításának teljes folyamatát. A videót használhatjuk, hogy segítsük a tanulókat a ködkamra összeállításában, hogy elmagyarázzuk, mit figyeljenek meg, illetve akár helyettesítheti is a saját, osztálytermi ködkamra megépítését.

Eszközök az egyes kísérletekhez

Előzetesen elkészítve

- Közepes méretű műanyag akvárium
- Öntapadós filc (vagy normál filc és filchez és műanyaghoz használható ragasztó)

A kísérlet elvégzéséhez

- Két tóriumos volfrám hegesztőpálca (vagy más alfa-/béta-részecske-forrás)
- Kb. 2,5 kg szárazjég (szilárd CO₂)
- 20 ml izopropil-alkohol, más néven izopropanol (ha ez nem elérhető, akkor etanol)
- Műanyag akvárium, amelyre előzetesen ráerősítettük a filcet
- Két fémtálca (a tepszi jól megfelel)
- Egy darab fekete karton vagy laminált fekete papír (a tálcák bélelésére, ha azok nem feketék)
- Egy vagy két erős fényforrás (pl. LED-szalag, zseblámpa vagy diavetítő lámpája)
- Papírlap az egyik pálca beborítására
- Gyurmaragasztó vagy újrahasználatos ragasztó
- Egy pipetta
- Hőálló védőkesztyű
- Védőszemüveg (személyenként egy)

Elrendezés

1. Vágjunk 4 cm széles, az akvárium oldalával megegyező hosszúságú csíkokat a filcből.
2. Helyezzük el úgy az akváriumot, hogy a nyitott fele legyen felfelé, és a négy oldalát béleljük ki a filccsíkokkal (a használat során a kamra tetejéhez kell közel lenniük – lásd az ábrát a tanulói munkalapon). A legegyszerűbb, ha öntapadós filcet használunk, de ragasztóval is felerősíthetjük. Az alkohol oldószerként fog működni, ezért a ragasztókat használat előtt teszteljük.
3. A kísérlet végrehajtásának lépései a tanulói munkalapon szerepelnek (Tanítsunk a világűrrel! – ködkamra | P03b).

Egészség és biztonság

Az iskolai szabályzatok és az országban érvényes biztonsági előírások figyelembe vételével végezzünk kockázatelemzést.

Izopropanol (illetve egyéb felhasznált alkohol):

- Az izopropanol nagyon gyúlékony és irritáló hatású. Ne használjuk láng közelében és viseljünk védőszemüveget.
- Gondoskodjunk a helyiség megfelelő szellőzéséről, és azonnal tegyük vissza az izopropanol üvegére a kupakot.

Szárazjég:

- Gondoskodjunk a helyiség megfelelő szellőzéséről, hogy elkerüljük a magas szén-dioxid-szint kialakulását.
- A hideg gőzök túlzott belélegzése károsíthatja a tüdőt / asztmás rohamot válthat ki.
- Viseljünk védőszemüveget és hőszigetelt kesztyűt, hogy elkerüljük a szárazjéggel vagy a hideg eszközökkel való közvetlen érintkezést és ezáltal a hideg okozta sérüléseket. Ha a szárazjég fagyási sérülést okoz, úgy kezeljük, mint az égési sérülést: tartsunk hideg víz alá 10 percig, majd szükség esetén forduljunk orvoshoz.
- A szárazjeget NEM szabad teljesen zárt edényben tartani, mert szén-dioxid-gáz halmozódhat fel. Az edényt egyértelműen jelölni kell.

Tóriumos volfrámpálca – sugárforrás:

- A tóriumos volfrámpálca tórium-oxidot tartalmaz, amely alfa-részecskéket bocsát ki. Áthatolóképessége nagyon alacsony, így megfelelő óvintézkedések mellett biztonságosan kezelhető.
- Javasolt nagy mennyiségű rudat egy radioaktivitásra figyelmeztető jelzéssel ellátott fém dobozba helyezni, és az iskolában található egyéb radioaktív anyagokkal együtt tárolni.
- Ha a pálcán azt látjuk, hogy darabok válnak le róla vagy a szétbomlás jeleit mutatja, az előírásoknak megfelelően ártalmatlanítsuk.
- A pálca semelyik részét nem szabad lenyelni. Bár ez rendkívül valószínűtlen, hogy bekövetkezne, a pálca bármely darabjának lenyelése esetén először orvosi segítséget kell kérni, majd követni kell az iskola radioaktív anyagokra vonatkozó szabályzatát.

→ VÁLASZOK A MEGBESZÉLÉS KÉRDÉSEIRE

1. A kondenzációs nyomok nagy része honnan indul ki?

Nagyrészt a két tóriumos volfrámpálcából.

2. A tóriumos rudak radioaktív bomlását figyeljük meg. Mit jelezhetnek a kondenzációs nyomok? A

kondenzációs nyomok azt mutatják, hogy a hegesztőpálcában található tórium-232 radioaktív bomlása során létrejött alfa- és béta-részecskék milyen pályán haladtak.

3. Van különbség a két tóriumos pálcából induló nyomok között?

A sima pálcától hosszú, vékony és rövid, vastag nyomok is indulnak. A körbetekert pálcánál csak hosszú, vékony nyomok láthatók.

4. Mi a különbség az alfa-bomlás és a béta-bomlás között?

A radioaktív bomlás folyamatában egy nem stabil atom magja energiát vesz azáltal, hogy ionizáló sugárzást bocsát ki azért, hogy atommagjában helyreállítsa a protonok és neutronok arányát. A radioaktív bomlásnak két fő típusa van, az alfa- és a béta-bomlás.

Az alfa-bomlás esetén két proton és két neutron szabadul ki. Így egy olyan részecske jön létre, melynek tömegszáma négyvel, rendszáma kettővel alacsonyabb az eredeti atoménál. Például az urán-238 alfa-kibocsátással bomlik, elveszt két protont és két neutront, így tórium-234 válik belőle.

A béta-bomlás esetén két lehetőség van:

β^- : Egy neutron protonná alakul, eközben kibocsát egy elektront.

β^+ : Egy proton neutronná alakul, eközben kibocsát egy pozitront.

5. Az alfa-bomlás és a béta-bomlás közötti különbségek hatással lehetnek a megjelenő kondenzációs nyomokra?

Az alfa-részecskék fizikailag nagyobbak és nagyobb az ionizáló hatásuk, mint a béta-részecskéknek, mert a két proton miatt +2 a töltésük. Viszonylag rövid utat tesznek meg, mielőtt minden mozgási energiájuk átalakul. Ez azt jelenti, hogy az alfa-részecskék nyoma vastagabb és rövidebb, mintegy 2-5 cm hosszú. A béta-részecskéknek kisebb a töltése és ezáltal az ionizáló képessége, így tovább haladnak, mielőtt elveszítenék minden energiájukat. Hosszabb, akár 10 cm-es nyomot hagynak.

A papírral körbetekert pálcánál csak béta-részecskéket tudunk megfigyelni. Ennek oka, hogy az alfa-részecskék minden energiájukat átadják a papír részecskéinek, amelyeket ionizálnak, még azelőtt, hogy elérnének az alkoholgőzbe. A béta-részecskék ionizáló hatása kisebb, így egyenesen keresztülhaladnak a rudat körülvevő papíron, anélkül, hogy kölcsönhatásba lépnének vele. Az alfa-sugárzás áthatolási távolsága láthatóan alacsony – az alfa-részecskék már rövid út alatt elveszítik minden energiájukat.



↑ Alfa- és béta-sugárzást kibocsátó tóriumos pálcá.

6. Hogyan jönnek létre a kondenzációs nyomok a ködkamrában?

A filcben található alkohol nagyon illékony, hamar gőzzé válik a ködkamra tetején. Amint a ködkamra alján a szárazjég miatt csökken a hőmérséklet, a lefelé haladó alkoholgőz gyorsan lehűl. Normál esetben az alkohol ilyen alacsony hőmérsékleten folyadékká kondenzálna, mivel a hőmérséklet a forráspontja alatt van.

Ám a folyamat bekövetkezéséhez a gázrészecskének szükségük van egy „magra”, azaz egy kis részecskére vagy zavarra, amin kondenzálódhatnak. Mivel a kamrában nincs ilyen, a kamra alján egy vékony túltelített réteget képez a kondenzálódni nem képes alkohol.

Amikor egy töltött részecske (pl. a radioaktív bomlásból származó alfa-részecske) áthalad a kamrán, ionizálja az útjába eső alkoholmolekulákat. Ezek az ionizált alkoholmolekulák lesznek a magok az őket körülvevő semleges alkoholmolekulák számára, amelyek így kis cseppekké tudnak kondenzálódni, és ezzel jön létre a kamrában látható kondenzációs nyom. A cseppek kialakulásuk után nem sokkal a kamra aljára esnek és szétoszlanak, a nyom csak néhány másodpercig látható.

7. A kozmikus sugarak az űrből érkező, nagy energiájú részecskék. Hogyan lehet megfigyelni őket?

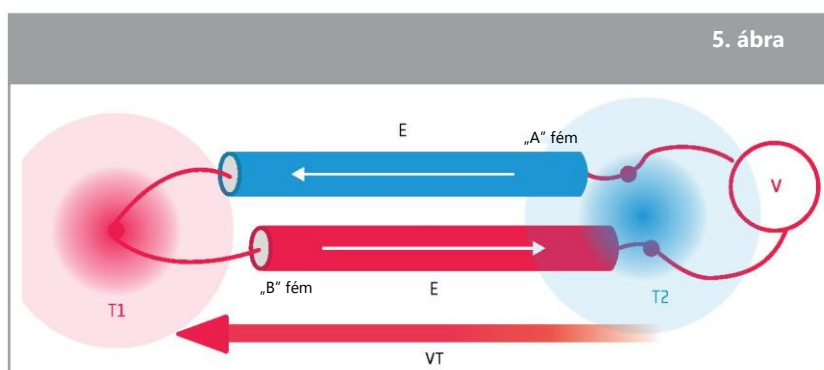
Időnként észrevehetünk olyan nyomokat, amelyek látszólag nem a volfrámrudaktól indulnak ki. Ezek lehetnek a kamrán kívül történő, random radioaktív bomlás termékei, de gyakrabban a Napból és a Világegyetem más testeiből, például csillagokból és galaxisokból érkező kozmikus sugarakról van szó. Az űrből érkező kozmikus sugarak behatolnak a légkörbe és kölcsönhatásba lépnek a légköri részecskékkel. Ezekből a kölcsönhatásokból először **pion*** nevű részecskék jönnek létre. A pionok nagyon gyorsan lebomlanak, gyakran **müonná***. A müonokat a ködkamrában nagyon hosszú, vékony, egyenes nyomok jelzik.

8. Milyen hatással lehet a sugárzás az űreszközökre?

Az ionizáló sugárzás kiszakíthatja az áramkörökben lévő elektronokat, így interferencia léphet fel a Föld körüli pályán mozgó műholdak elektromos eszközeiben. A legtöbb esetben ez egyszerűen csak azt jelenti, hogy romlik az adatminőség, de a hatás fokozottabb az olyan események során, mint a koronakidobódás, mert ekkor nő az ionizáló részecskék intenzitása. Ez túláramot okozhat az áramkörökben, ami károsíthatja, illetve tönkre teheti az eszközöket. Az űreszközöket tervező mérnököknek tehát védeniük kell a sérülékeny áramköröket az űrből érkező káros sugárzástól. A legegyszerűbb módja ennek, ha egy kifejezetten erre a célra tervezett, nagy rendszámú atomokat tartalmazó anyaggal védik őket, hiszen az ilyen anyagban sok a proton és a neutron, így az űrből érkező sugárzás jelentős részét el tudja nyelni.

9. A radioaktív bomlás hogyan használható az űrhajókhoz energiaforrásként?

A radioaktív bomlás energiát termel, ami felmelegíti az anyagokat. A Seebeck-effektus ezt használja ki: ez egy olyan jelenség, ahol két különböző elektromos vezető hőmérséklet-különbsége feszültségkülönbséget hoz létre. Az egyik vezetőt felmelegíti a radioaktív bomlás, a másikat pedig hidegen tartják, például úgy, hogy kiteszik az űr alacsony hőmérsékletének. A felmelegedett elektronok a melegebb vezetőtől a hidegebb vezető felé áramlanak. Ha a vezetőket egy elektromos áramkörrel összekötjük, abban egyenáram fog folyni (5. ábra). Ilyen módon termel energiát több űreszköz, köztük az ESA Ulysses küldetésében, illetve az ESA/ NASA/ASI Cassini-Huygens küldetésében.



↑ A Seebeck-effektus.

* **Pion (Pi-mezon):** az atomnál sokkal kisebb részecske. Háromféle pion létezik: π^0 , π^+ , and π^- .

Müon: az elektronnal megegyező töltésű, de annál sokkal nagyobb tömegű részecske.

Tudtad?

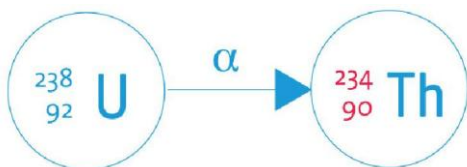
Az ESA Cluster küldetése azt vizsgálja, hogy a töltött atomok és elektronok folyamatos áramlása a Napból hogyan hat a Föld magnetoszférájára. Ezt a részecskeáramot napszélnek hívjuk, és ennek lökései hatással lehetnek a földi energiaellátásra (egy erős lökés leállíthat minden elektromos eszközt!). A napszél a műholdakon található elektronikus eszközöket is károsíthatja. A Cluster az ilyen jellegű károkat okozó jelenségeket vizsgálja – ezzel segít felkészülnünk a napszél hirtelen érkező, potenciálisan veszélyes erős lökéseire.



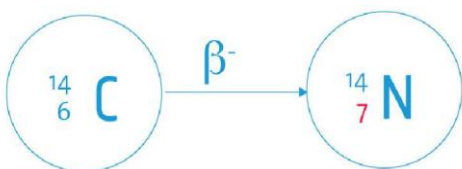
→ A TANULÓI MUNKALAPOK MEGOLDÁSAI

1. Bomlási reakciók

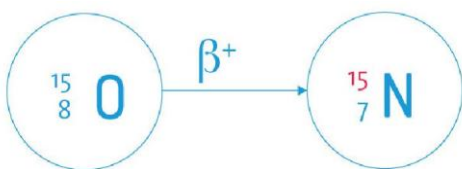
a. α -bomlás



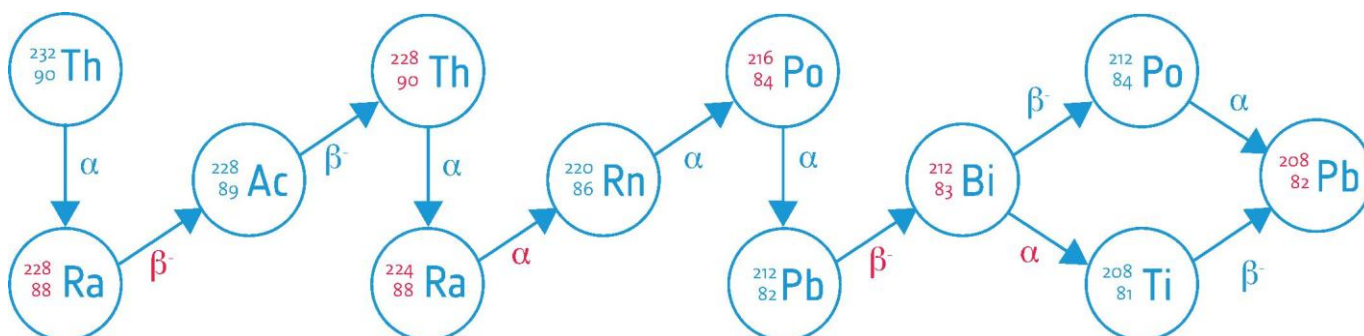
b. β^- -bomlás (elektronkibocsátás):



c. β^+ -bomlás (pozitronkibocsátás):



2. A. tórium bomlása



3. A bomlási sor végén létrejövő stabil elem az **ólom**.

Linkek

„Tanítsunk a világűrrel”-gyűjtemény

Tanítsunk a világűrrel! – Készítsünk üstököst – videó | VP03:

[www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/07/Cloud chamber - classroom demonstration video VP03](http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/07/Cloud_chamber_-_classroom_demonstration_video_VP03)

Az ESA-hoz kapcsolódó küldetések, tudományos anyagok

ESA Cassini-Huygens küldetés: [www.esa.int/Our Activities/Our Activities/Space Science/Cassini-Huygens](http://www.esa.int/Our_Activities/Our_Activities/Space_Science/Cassini-Huygens)

A Cassini Solstice küldetés: saturn.jpl.nasa.gov/

Az ESA Ulysses küldetése: [www.esa.int/Our Activities/Space Science/Ulysses overview](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Ulysses_overview)

Az ESA Swarm küldetése: [www.esa.int/Our Activities/Observing the Earth/The Living Planet Programme/Earth Explorers/Swarm](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers/Swarm)

Az ESA Cluster küldetése: [www.esa.int/Our Activities/Space Science/Cluster/Science objectives](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Cluster/Science_objectives)

ESA-cikkek a radioaktív bomlásról

A titán radioaktív bomlása szolgáltatja az energiát a szupernóva-maradványnak:

[www.esa.int/Our Activities/Space Science/Radioactive decay of titanium powers supernova remnant](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Radioactive_decay_of_titanium_powers_supernova_remnant)

Radioaktív vas: [www.esa.int/Our Activities/Space Science/Integral/Radioactive iron a window to the stars](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Integral/Radioactive_iron_a_window_to_the_stars)

Tanítsunk a világgal! – ködkamra | P03a

www.esa.int/education

Az Európai Űrügynökség (ESA) Oktatási Irodája örömmel fogadja a visszajelzéseket és észrevételeket: teachers@esa.int

Az Európai Űrügynökség oktatási programja

Copyright © Európai Űrügynökség 2016