

Víz után szimatol a Puli a Holdon

Oberfrank Robin

Operatív csoport vezető

Puli Space Technologies

Atomcsill, 2020.10.15.



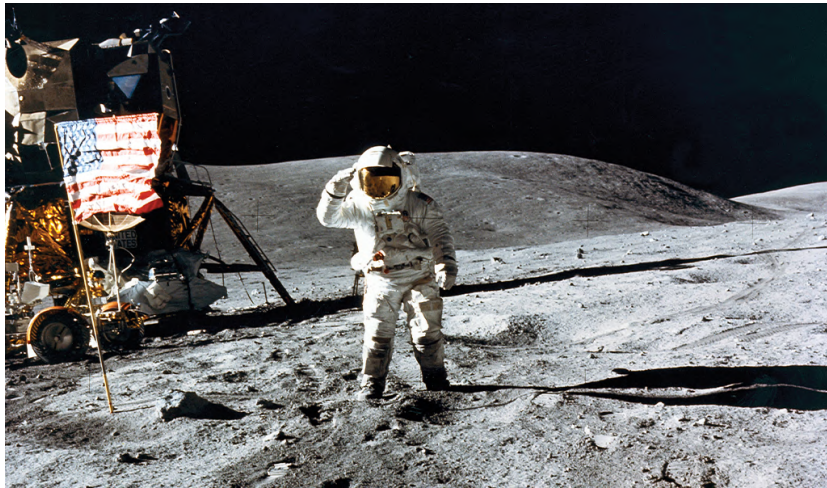
Puli Lunar Water Snooper



Miről lesz szó?

- 1 Hold demokratizációja, miért épp a Hold?
- 2 Puli holdjáró története
- 3 Vízkérés a Holdon, a Vízszimatóló Puli

NASA a Holdon: Apollo program (1961-1972)





Lehetőségek a Holdon: Holdfalu

- ▶ Helyi erőforrásokból önfenntartó, hosszútávú emberi jelenlét
 - > Víz → hidrogén + oxigén (emberi fogyasztás, üzemanyag)
 - > Holdporból 3D nyomtatott épületek, eszközök





Lehetőségek a Holdon: Holdfalu

- ▶ Helyi erőforrásokból önfenntartó, hosszútávú emberi jelenlét
 - > Víz → hidrogén + oxigén (emberi fogyasztás, üzemanyag)
 - > Holdporból 3D nyomtatott épületek, eszközök
- ▶ Ugródeszka távolabbi utazásokhoz





Lehetőségek a Holdon: Holdfal

Feladat

- 1 Holdi környezet vizsgálata, megértése
- 2 Állandó holdi jelenlétet biztosító infrastruktúra kifejlesztése és működtetése



Lehetőségek a Holdon: Holdfalu

Feladat

- 1 Holdi környezet vizsgálata, megértése
- 2 Állandó holdi jelenlétet biztosító infrastruktúra kifejlesztése és működtetése

Kinek a feladata?



A Hold demokratizálása

"Már évtizedek óta feltártuk a Hold felszínét és lehet, hogy még úgy 6-8 évet kell várni, amíg bármelyik kormány a visszatérés mellett dönt. Még akkor is csak hatalmas költséggel és a közönség minimális részvételével."

Peter Diamandis, 2007



Ösztönződíjak

- 1 18. század: helymeghatározás a hosszútávú hajóutaknál





Ösztönződíjak

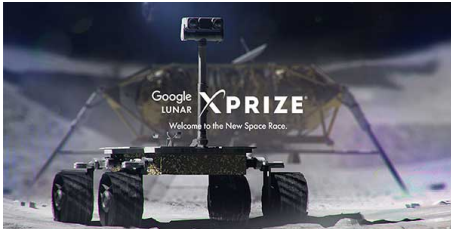
- 1 18. század: helymeghatározás a hosszútávú hajóutaknál
- 2 20. század: transzatlanti non-stop repülőút





Google Lunar XPRIZE (GLXP)

- ▶ Űreszköz fejlesztése és Holdra juttatása
- ▶ Legalább 90% magánfinanszírozás
- ▶ Nagyfelbontású képek és videók visszaküldése a Földre
- ▶ 30 millió \$ összdíjazás





Puli a GLXP-ben

- ▶ Földi prototípus, 3 Hold/Mars-analóg terepesszt
- ▶ Holdi környezet szimuláció, leszállóhely analízis, sugárzási teszt
- ▶ Ismeretterjesztés
- ▶ Több, mint 90,000 önkéntes munkaóra
- ▶ Helyfoglalás az Astrobotic leszállóegységén → Téridő Plakett

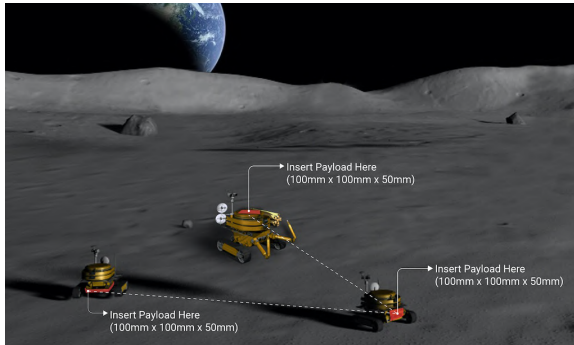




NASA Kihívás (Artemis program)

"Drágám, összepréseltem a NASA hasznos terhét"

- ▶ Holdi sugárzási környezet vagy erőforrások vizsgálata

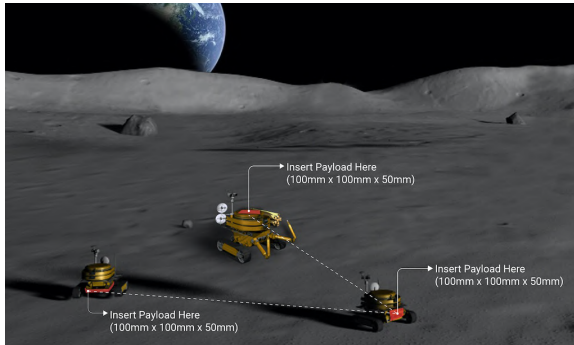




NASA Kihívás (Artemis program)

"Drágám, összepréseltem a NASA hasznos terhét"

- ▶ Holdi sugárzási környezet vagy erőforrások vizsgálata
- ▶ 3-as technológiai készségi szint (TRL) elérése

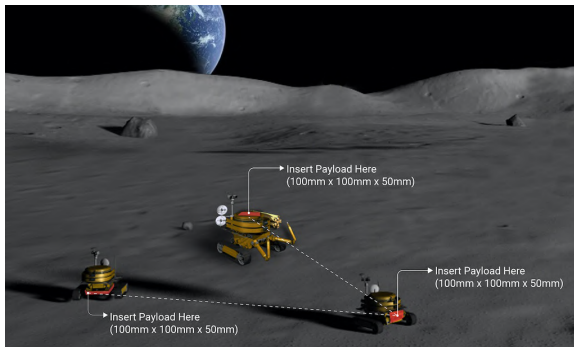




NASA Kihívás (Artemis program)

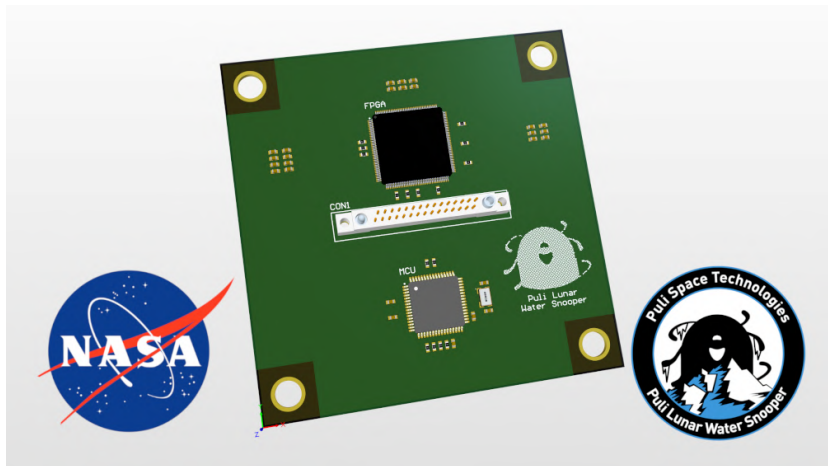
"Drágám, összepréseltem a NASA hasznos terhét"

- ▶ Holdi sugárzási környezet vagy erőforrások vizsgálata
- ▶ 3-as technológiai készségi szint (TRL) elérése
- ▶ Max tömeg: **0.4 kg**, max méret: **(100 x 100 x 50) mm**
- ▶ Üzemelési hőmérséklet: **-120 °C-tól +100 °C-ig**





Keressünk vizet → **Puli Holdi Vízszimatoló**



Holdi erőforrások kategória I. HELYEZETT (30 000 \$)



Víz a Holdon: honnan tudjuk, hogy van?

- 1 1978 - első jelek: Luna24 közetminta (0.1% víz)



Víz a Holdon: honnan tudjuk, hogy van?

- 1 1978 - első jelek: Luna24 kőzetminta (0.1% víz)
- 2 Árnyékos sarki területek? Több inkonklúzív mérés



Víz a Holdon: honnan tudjuk, hogy van?

- 1 1978 - első jelek: Luna24 kőzetminta (0.1% víz)
- 2 Árnyékos sarki területek? Több inkonklúzív mérés
- 3 2008 - első bizonyíték: Moon Mineralogy Mapper



Víz a Holdon: honnan tudjuk, hogy van?

- 1 1978 - első jelek: Luna24 kőzetminta (0.1% víz)
- 2 Árnyékos sarki területek? Több inkonklúzív mérés
- 3 2008 - első bizonyíték: Moon Mineralogy Mapper
- 4 2009 - LCROSS: becsapódott egy déli kráterbe, felszálló porfelhőt vizsgálták



Víz a Holdon: honnan tudjuk, hogy van?

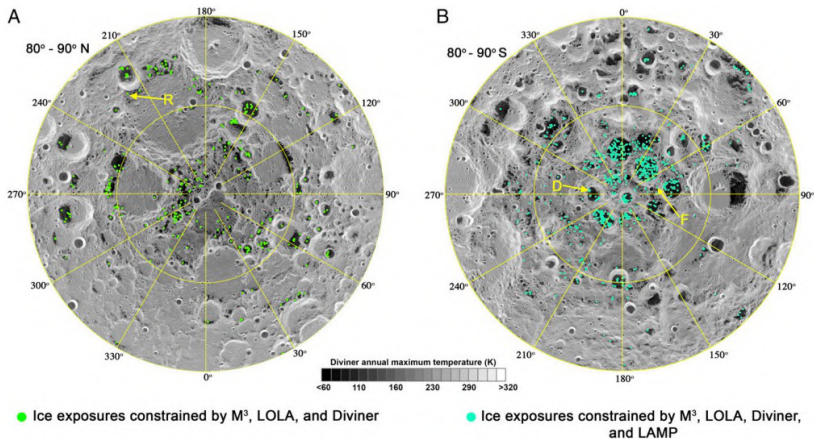
- 1 1978 - első jelek: Luna24 kőzetminta (0.1% víz)
- 2 Árnyékos sarki területek? Több inkonklúzív mérés
- 3 2008 - első bizonyíték: Moon Mineralogy Mapper
- 4 2009 - LCROSS: becsapódott egy déli kráterbe, felszálló porfelhőt vizsgáltak
- 5 2018 - Lunar Reconnaissance Orbiter: lézeres IR mérések



Víz a Holdon: honnan tudjuk, hogy van?

- 1 1978 - első jelek: Luna24 közetminta (0.1% víz)
- 2 Árnyékos sarki területek? Több inkonklúzív mérés
- 3 2008 - első bizonyíték: Moon Mineralogy Mapper
- 4 2009 - LCROSS: becsapódott egy déli kráterbe, felszálló porfelhőt vizsgálták
- 5 2018 - Lunar Reconnaissance Orbiter: lézeres IR mérések
- 6 Mai állás: egyértelműen van víz, de nem feltétlenül csak árnyékos területen. Még kevés az adat, és az is csak km-es felbontású → **menjünk oda, és mérjünk helyben!**

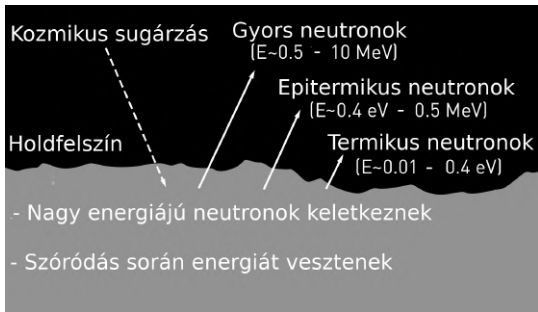
Víz a Holdon: honnan tudjuk, hogy van?





A holdfelszín, mint neutronforrás

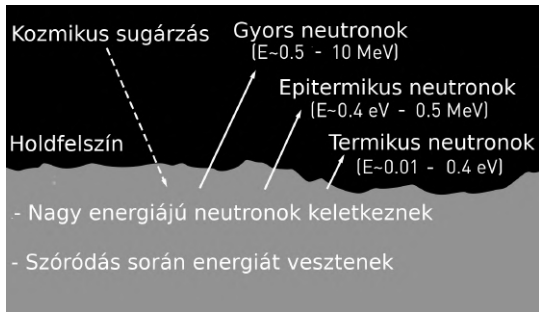
- 1 Koszmos, nagy energiájú részecskéktől a felszín védtelen





A holdfelszín, mint neutronforrás

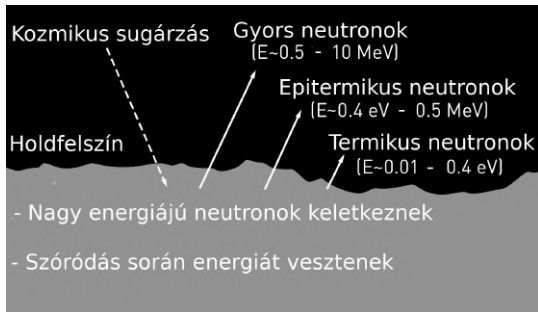
- 1 Kozmikus, nagy energiájú részecskéktől a felszín védtelen
- 2 Talajba érve kölcsönhatnak, másodlagos sugárzás keletkezik (főleg gamma fotonok, **neutron**)





A holdfelszín, mint neutronforrás

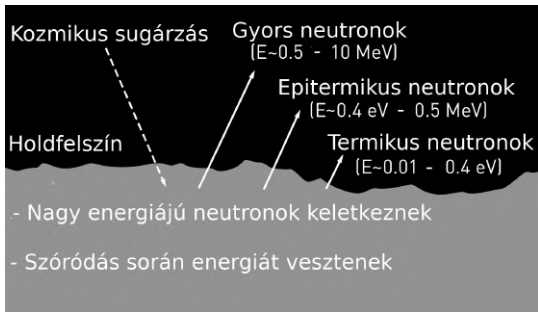
- 1 Kozmikus, nagy energiájú részecskéktől a felszín védtelen
- 2 Talajba érve kölcsönhatnak, másodlagos sugárzás keletkezik (főleg gamma fotonok, **neutron**)
- 3 **Spektroszkópia:** nem közvetlenül a céltárgyat, hanem azzal kölcsönható részecskéket vizsgálunk





A holdfelszín, mint neutronforrás

- 1 Koszmos, nagy energiájú részecskéktől a felszín védtelen
- 2 Talajba érve kölcsönhatnak, másodlagos sugárzás keletkezik (főleg gamma fotonok, **neutron**)
- 3 **Spektroszkópia:** nem közvetlenül a céltárgyat, hanem azzal kölcsönható részecskéket vizsgálunk
- 4 **Neutronok hogyan hatnak kölcsön a holdi közzettel?**





Neutron spektroszkópia

Alkossunk modellt a kölcsönhatásról:

Egy dimenzió, m tömegű, v_0 sebességű neutron tökéletesen rugalmasan ütközik M tömegű, álló céltárggyal



Neutron spektroszkópia

Alkossunk modellt a kölcsönhatásról:

Egy dimenzió, m tömegű, v_0 sebességű neutron tökéletesen rugalmasan ütközik M tömegű, álló céltárggyal

Impulzus- és energiamegmaradás:

$$mv_0 = mv_1 + Mv_2 \rightarrow v_2 = \frac{m}{M}(v_0 - v_1) \quad (1)$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2 \quad (2)$$



Neutron spektroszkópia

Alkossunk modellt a kölcsönhatásról:

Egy dimenzió, m tömegű, v_0 sebességű neutron tökéletesen rugalmasan ütközik M tömegű, álló céltárggyal

Impulzus- és energiamegmaradás:

$$mv_0 = mv_1 + Mv_2 \rightarrow v_2 = \frac{m}{M}(v_0 - v_1) \quad (1)$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2 \quad (2)$$

Osszunk le $\frac{1}{2}mv_0^2$ -tel:

$$1 = \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^2 + \frac{M}{m} \left(\frac{v_2}{v_0}\right)^2$$



Neutron spektroszkópia

Alkossunk modellt a kölcsönhatásról:

Egy dimenzió, m tömegű, v_0 sebességű neutron tökéletesen rugalmasan ütközik M tömegű, álló céltárggyal

Impulzus- és energiamegmaradás:

$$mv_0 = mv_1 + Mv_2 \rightarrow v_2 = \frac{m}{M}(v_0 - v_1) \quad (1)$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2 \quad (2)$$

Osszunk le $\frac{1}{2}mv_0^2$ -tel:

$$1 = \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^2 + \frac{M}{m} \left(\frac{v_2}{v_0}\right)^2$$

v_2 -t behelyettesítve az impulzusmegmaradásból:

$$1 = \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^2 + \frac{m}{M} \left(\left(\frac{v_1}{v_0}\right)^2 - \frac{2v_1}{v_0} + 1 \right)$$



Neutron spektroszkópia

$$1 = \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^2 + \frac{m}{M} \left(\left(\frac{v_1}{v_0}\right)^2 - \frac{2v_1}{v_0} + 1 \right)$$

Legyen $\alpha := \frac{m}{M}$, és $x := \frac{v_1}{v_0}$



Neutron spektroszkópia

$$1 = \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^2 + \frac{m}{M} \left(\left(\frac{v_1}{v_0}\right)^2 - \frac{2v_1}{v_0} + 1 \right)$$

Legyen $\alpha := \frac{m}{M}$, és $x := \frac{v_1}{v_0}$

$$1 = x^2 + \alpha(x^2 - 2x + 1)$$



Neutron spektroszkópia

$$1 = \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^2 + \frac{m}{M} \left(\left(\frac{v_1}{v_0}\right)^2 - \frac{2v_1}{v_0} + 1 \right)$$

Legyen $\alpha := \frac{m}{M}$, és $x := \frac{v_1}{v_0}$

$$1 = x^2 + \alpha(x^2 - 2x + 1)$$

Másképp:

$$x^2(1 + \alpha) - 2\alpha x + \alpha - 1 = 0$$

Másodfokú egyenlet!



Neutron spektroszkópia

$$1 = \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^2 + \frac{m}{M} \left(\left(\frac{v_1}{v_0}\right)^2 - \frac{2v_1}{v_0} + 1 \right)$$

Legyen $\alpha := \frac{m}{M}$, és $x := \frac{v_1}{v_0}$

$$1 = x^2 + \alpha(x^2 - 2x + 1)$$

Másképp:

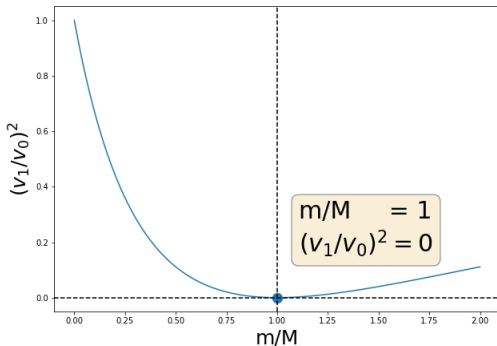
$$x^2(1 + \alpha) - 2\alpha x + \alpha - 1 = 0$$

Másodfokú egyenlet! Fizikai megoldás:

$$x = \frac{\alpha - 1}{\alpha + 1} \rightarrow \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^2 = \left(\frac{\alpha - 1}{\alpha + 1}\right)^2$$



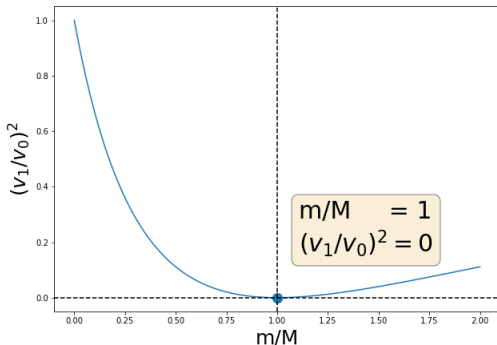
Neutron spektroszkópia



$$\left(\frac{v_1}{v_0}\right)^2 = \left(\frac{\alpha - 1}{\alpha + 1}\right)^2$$



Neutron spektroszkópia

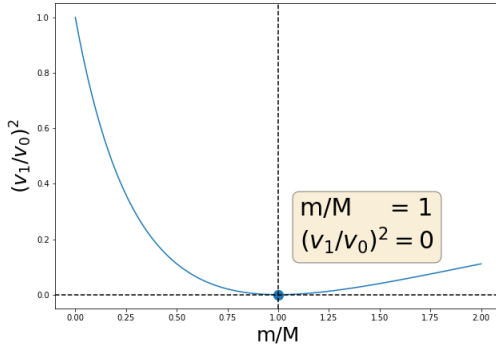


$$\left(\frac{v_1}{v_0}\right)^2 = \left(\frac{\alpha - 1}{\alpha + 1}\right)^2$$

**Ha $m = M$, akkor a neutron minden energiáját elveszti.
Milyen anyag lehet ez?**



Neutron spektroszkópia

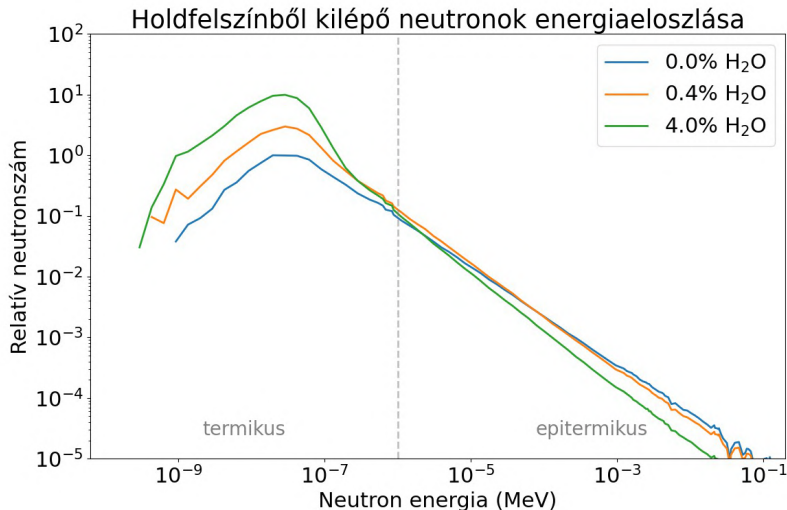


$$\left(\frac{v_1}{v_0}\right)^2 = \left(\frac{\alpha - 1}{\alpha + 1}\right)^2$$

Ha $m = M$, akkor a neutron minden energiáját elveszti.
Milyen anyag lehet ez? **Hidrogén**



Neutron spektroszkópia (szimuláció)





Neutronok detektálása kamerákkal

- 1 Elektromosan semlegesek, nehezebb detektálni őket



Neutronok detektálása kamerákkal

- 1 Elektromosan semlegesek, nehezebb detektálni őket
- 2 Bizonyos anyagoknál nagy a befogási valószínűség



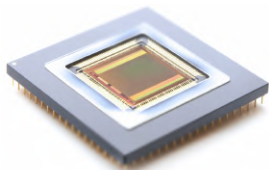
Neutronok detektálása kamerákkal

- 1 Elektromosan semlegesek, nehezebb detektálni őket
- 2 Bizonyos anyagoknál nagy a befogási valószínűség
- 3 Befogáskor könnyebben detektálható, töltött részecskék



Neutronok detektálása kamerákkal

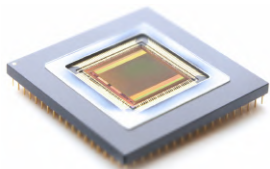
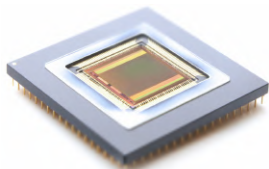
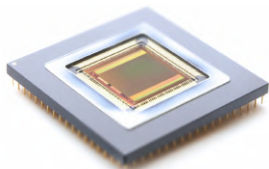
- 1 Elektromosan semlegesek, nehezebb detektálni őket
- 2 Bizonyos anyagoknál nagy a befogási valószínűség
- 3 Befogáskor könnyebben detektálható, töltött részecskék
- 4 Bizonyos **kamerák** érzékelnek töltött részecskéket is





Neutronok detektálása kamerákkal

- 1 Elektromosan semlegesek, nehezebb detektálni őket
- 2 Bizonyos anyagoknál nagy a befogási valószínűség
- 3 Befogáskor könnyebben detektálható, töltött részecskék
- 4 Bizonyos **kamerák** érzékelnek töltött részecskéket is
- 5 Kozmikus sugárzást ki kell szűrni, neutron spektrumot ketté kell osztani → **3 kamera** kell





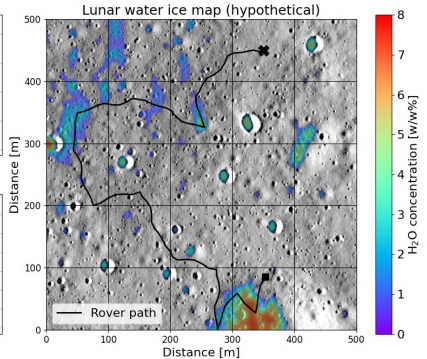
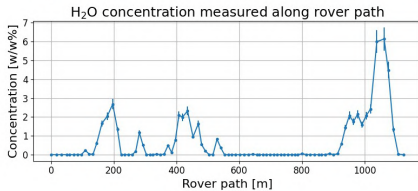
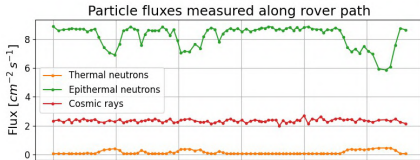
Amit látunk majd a kamerával (illusztráció)





Mérés a Holdon (illusztráció)

Ha víz felett állunk: epitermikus (gyorsabb) neutron fluxus lecsökken, termikus (lassú) neutron fluxus nő





Mi vár még ránk?

- ▶ Következő NASA kihívás: prototípus elkészítése (1 év alatt)
 - > Sugárzási és hőtani szimulációk
 - > Laboratóriumi tesztek neutronforrással
 - > Hardverfejlesztés, optimalizálás, gyártás
- ▶ Űrképességi teszt (sugárzás, vibráció, kipárolgás, hőmérséklet)
- ▶ Repülés a Holdra a NASA-val egy kis rover hasán (2022/23)



Köszönöm a figyelmet!

"Mielőtt egy ötlet áttörés lesz, örültségnek tűnik."

Peter Diamandis



pulispace.com