esa

Tudományos és Technológiai Minisztérium

Hungary esero

fizika, matematika

tanítsunk a világűrrel

→ VILLÁMOK ÉS LIDÉRCEK

alul- és felülnézetből

tanári útmutató és tanulói munkalapok

European Space Agency

civitta HU

MŰEGYETEM 1782

MANT

GSIKard

↑ Timár Gábor

↑ Andreas Mogensen (ESA), https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2016/04/Red_sprites_and_blue_jets

↑ Kapu Tibor, UHU projekt, https://uhu.epss.hu/the-brightest-elves-phenomenon-so-far-in-the-uhu-experiment-was-captured-by-the-hungarian-astronaut-of-the-ax-4-mission/

Tanári útmutató

Alapadatok	5. oldal
A tevékenységek áttekintése	6. odal
Bevezetés	7. oldal
1. tevékenység: Plazma és plazmakisülések	10. oldal
2. tevékenység: Plazmakisülések ISS-felvételeken	11. oldal
3. tevékenység: Rajzoljunk vörös lidércet	12. oldal
4. tevékenység: Milyen messziről látszik a vörös lidérc?	13. oldal
Tanulói munkalap	14. oldal
Linkek	22. oldal

tanítsunk a világűrrel! – villámok és lidércek | PXX
www.esa.int/education

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

Az Európai Űrügynökség oktatási programja az Európai Űrügynökség Oktatási Erőforrás Iroda (ESERO) Nordic-kal együttműködésben
Szerzői jogok 2025 © Európai Űrügynökség

→ VILLÁMOK ÉS LIDÉRCEK

alul- és felülnézetből

ALAPADATOK

Tantárgy: fizika, matematika

Korosztály: 10—16 év

Nehézségi fok: közepes

Tanári felkészülési idő: 1 óra

Tanítási idő: 1 óra

Költség: alacsony (0—10 euró)

Helyszín: tanterem

Kulcsszavak: fizika, matematika, földrajz, meteorológia, plazma, villám, földgörbület

Rövid ismertetés

A tevékenységek keretében a tanulók megismerik a légköri elektromossághoz kapcsolódó villanási jelenségeket (villám, blue jet, red sprite), illetve a Nemzetközi Űrállomásról készült felvételeket, rajtuk e jelenségeket.

Tanulási célok

- A plazma fogalma
- A villámkisülés és a magaslégköri plazmajelenségek megismerése
- A Nemzetközi Űrállomásról készült képek és videók értelmezése
- Kisülési jelenségek felismerése az ISS felvételein
- A megfigyelő és csoportos problémamegoldó készségek fejlesztése

→ A tevékenységek áttekintése

A tevékenységek áttekintése					
	Cím	**Leírás**	**Eredmény**	**Szükséges előzmények**	**Időtartam**
1	A plazma és a plazmakisülések: villám, kék nyaláb és vörös lidérc	Tanári ismertetés a leírás alapján a különböző magasságban történő plazma-kisülésekről	Megismerjük a plazma fogalmát és a három fő légköri kisülési jelenséget	Nincs	15 perc
2	Villám, kék nyaláb és vörös lidérc felismerése ISS-felvételen	Tanulói munkalap ISS-en felvett képein a kisülés-típusok felisme-rése	Besoroljuk a képeket az egyes kisüléstípusok szerint	Az 1. tevékenység elvégzése.	15 perc
3	Képzeljük el ezt a Föld felszínéről: rajz és valóság	A tanulók képzelt képet rajzolnak egy távoli zivatar feletti vörös lidércről, majd összevetik valódi fénykép-felvétellel	Rajz készítése egy már megismert objektumról más nézőpontból	A 2. tevékenység elvégzése.	15 perc
4	Milyen messziről látszik a vörös lidérc a felszínen? (opcionális)	Csoportos beszélgetés az előző feladatban készült kép alapján	A Föld görbületének megértése	A 3. tevékenység elvégzése.	15 perc

→ Bevezetés

A **plazma** egy speciális halmazállapot-típus (a szilárd, a folyékony és a gáz mellett, pontosabban a „gáz" egyik altípusa), amelynek legfontosabb jellemzői:

- az atomok ionizált állapotban vannak, az elektronok szabadon mozognak
- ebben a formában az anyag elektromos vezető

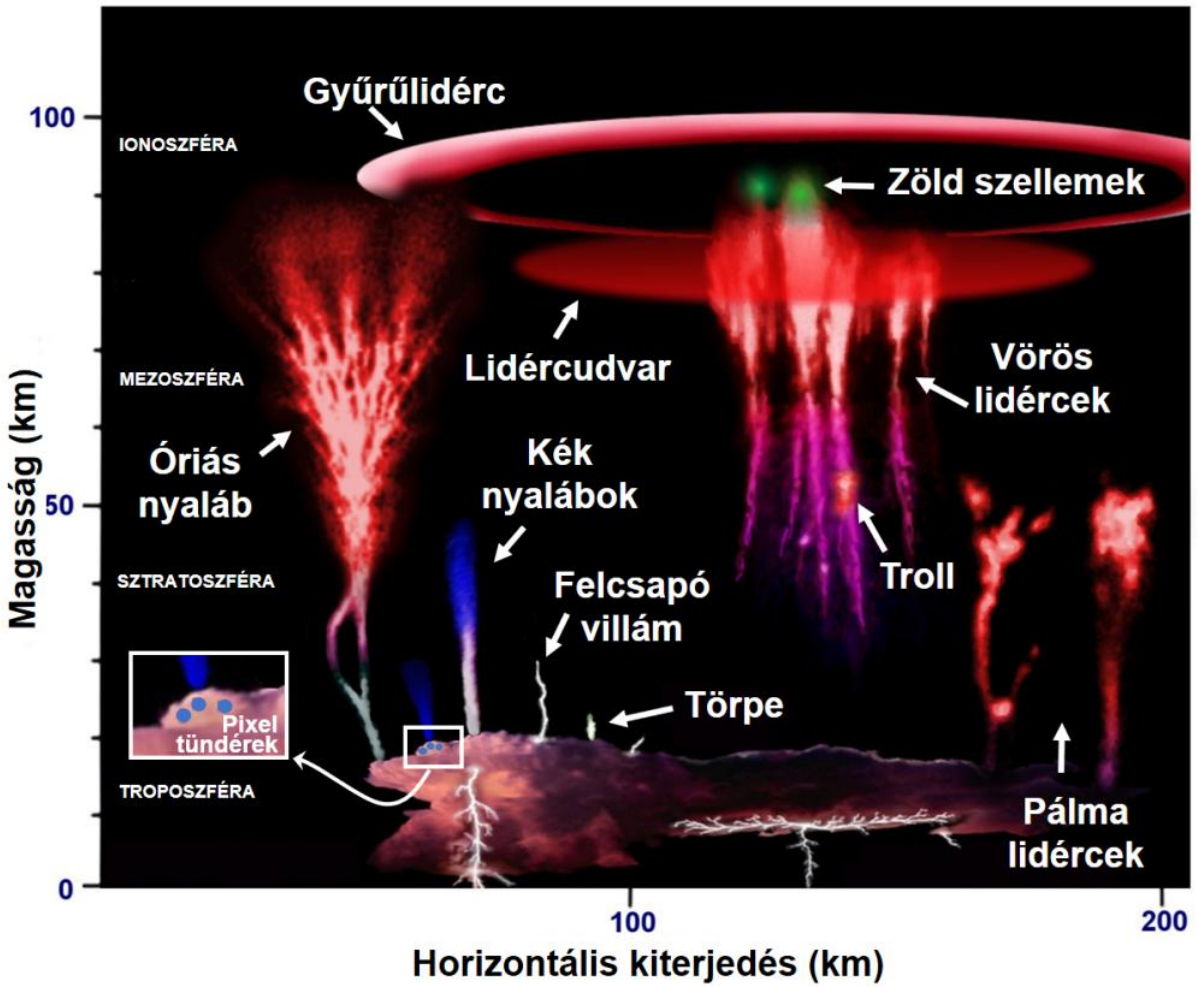
Röviden összefoglalva: a plazma olyan gáz, amelyben az atomok egy része töltéssel rendelkezik, ezért reagál az elektromos mezőkre, és képes fény- (elektromágneses hullám-) kibocsátásra is.

Plazma akkor jön létre, amikor egy gáz atomjai vagy molekulái ionizálódnak, azaz az elektronok leválnak és szabad töltéshordozók jönnek létre: pozitív ionok és szabad elektronok. Ennek kulcsfolyamata az **ionizáció**, amelynek során a gáz elegendő energiát kap, hogy az elektronok kiszakadjanak. Az ionizáció többféleképp történhet:

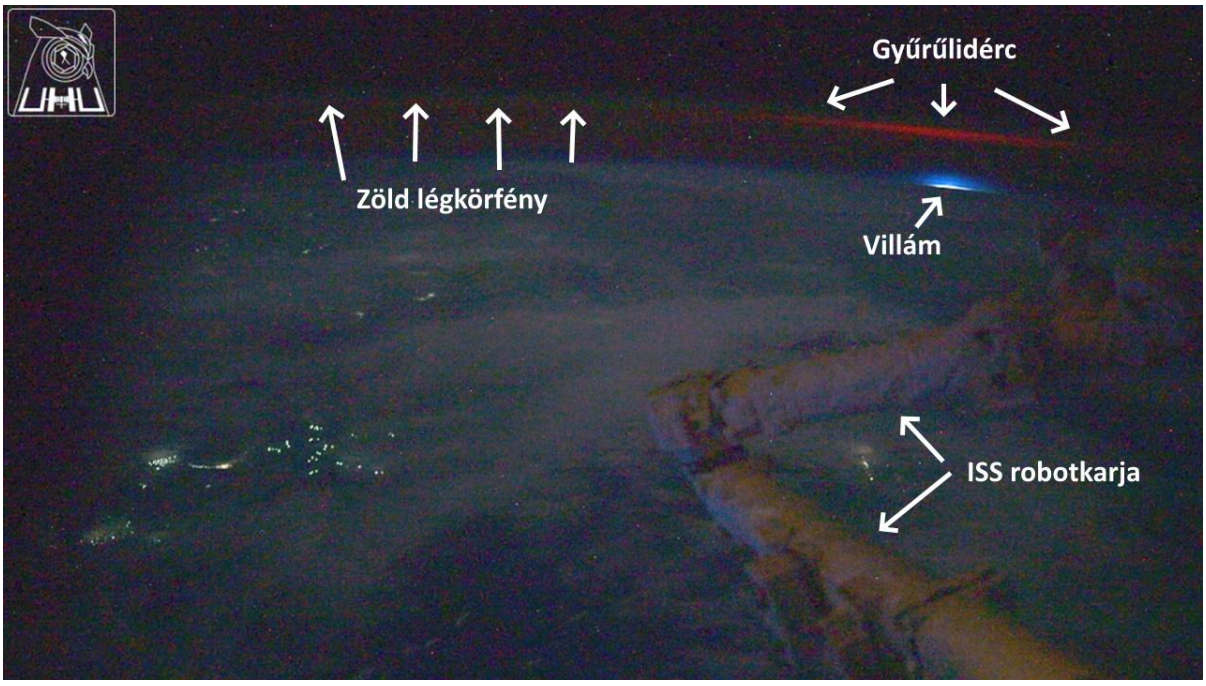
- Magas hőmérséklet: az atomok/molekulák olyan gyorsan mozognak, hogy az ütközések leszakítják az elektronokat. Ez a folyamat pl. a Nap belsejében vagy a láng felső részén. Részben a villámokban is ez történik, de ott a magas hőmérséklet inkább következmény, miközben ott egy másik ionizációs típus indítja a folyamatot:
- Erős elektromos tér: felgyorsulnak az elektronok, amelyek szabaddá válnak és további, még nem ionizált atomokból/molekulákból szakítanak ki további elektronokat. Ez egyfajta láncreakció, vagy lavina-hatás. A számunkra most érdekes légköri és felsőlégköri jelenségekben mind ez okozza a plazma kialakulását.

Alacsony nyomáson – így a felső légkörben – gyengébb elektromos tér is elég az ionizációhoz. Így a felső légkörben kis energiatöbblet is látványos fényjelenségeket okoz (vörös lidérc, gyűrűlidérc (ELVE=*Emission of Light and Very low frequency perturbations due to Electromagnetic pulse sources*; Elektromágneses impulzusforrás keltette fényjelenségek és alacsonyfrekvenciás perturbációk).

Az alacsony légkörben (a troposzférában) létrejött plazmakisülések a **villámok**, a sztratoszférában a **kék nyalábok** (blue jet), a mezoszférában a **vörös lidércek** (red sprite), még magasabban a **gyűrűlidércek** (ELVE) fordulnak elő, amelyeket a következő ábrán foglalunk össze. E jelenségek szinte kizárólag az alsó légköri zivatarokhoz kapcsolódnak, onnan nyerik energiájukat. A felső légkörben ritkán történik meg többféle felvillanás egyidejűleg.



↑ Plazmakisülések zivatarokban és zivatarok felett. Forrás: UHU Projekt; https://uhu.epss.hu/tle-phenomena/



↑ Kapu Tibor kutató űrhajós által készített fotó, a villám felett épp „élével" a kamera felé forduló gyűrűliderccel (ELVE). Forrás: UHU Projekt; https://uhu.epss.hu/the-brightest-elves-phenomenon-so-far-in-the-uhu-experiment-was-captured-by-the-hungarian-astronaut-of-the-ax-4-mission/

Plazmakisülés akkor történik, amikor

- gáz jelenlétében nagy elektromos feszültség lép fel két pont között
- a gáz ionizálódik, így vezetőcsatorna jön létre a töltések áramlásához.

Ez történik a villámok és a felsőlégköri fényjelenségek esetében is, a különbség a légkör sűrűségében van, emiatt a létrejövő plazma alakja, szerkezete más:

jelenség	légkör sűrűsége	plazma alakja/szerkezete	hőhatás	szín
villám	nagy	keskeny csatorna (villámcsatorna)	nagyon nagy	kékesfehér
kék nyaláb	közepes	fókuszált sugár	mérsékelt	kék
vörös lidérc	nagyon kicsi	diffúz filamentumok	minimális	felső részén vörös, alul néha kék

Összefoglalva: **ugyanaz a villám milyen sűrű légkörben próbál megszületni**.

Mindhárom esetben az energiaforrás a zivatarfelhő elektromos töltésszétválasztása (amelynek alapja a meteorológiai hőmérsékletkülönbség). Ez azonban három különböző módon jelenik meg:

A **villám** esetén a felhő és a földfelszín (esetleg a felhő különböző részei) közt jön létre feszültségkülönbség, amely villám formájában sül ki.

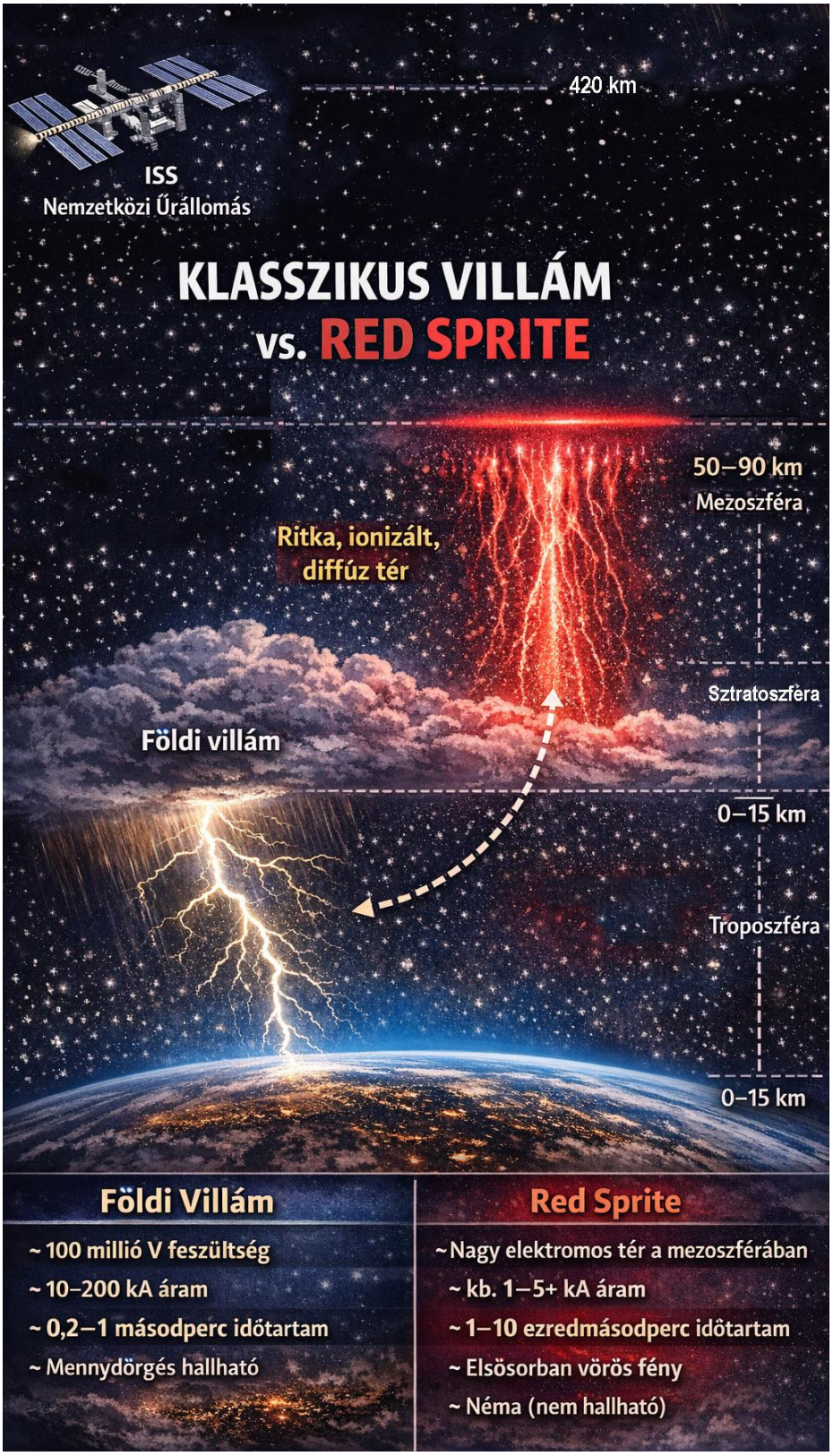
A felhő felső rétege és a sztratoszféra közt is kialakulhat feszültségkülönbség, amely így egy „felfelé induló villám", a **blue jet** formájában sül ki. Blue jet a hagyományos villámoktól függetlenül alakul ki.

Ha egy nagy energiájú villám következtében valamelyik előjelű töltésből hirtelen többlet keletkezik a felhő felső részében. Így a villám utóhatásaként, ahhoz kapcsolódóan egy felsőlégköri kisülés is létrejön, ez a **vörös lidérc**. Ez azonban csak különösen nagy energiájú (és túlnyomó részt pozitív polaritású) villámhoz kapcsolódhat, ami a lényeg: csak nagyon kevés hagyományos villámhoz kapcsolódik vörös lidérc. Lényeges, hogy a vörös lidérc alsó, sztratoszférában haladó szakasza sokszor kék színű, de ez nem azonos a kék nyalábbal.

Ezeket a jelenségeket összefoglaló néven FEF-nek (felhők feletti, elektromos eredetű fényfelvillanások (angolul **TLE**; *Transient Luminous Events*) nevezzük. Ezeket eleve csak éjjel, sötét háttéren vehetjük észre, de a felső légkör nappali állapota gyakorlailag kizár minden, a villámokhoz képest feljebb kipattanó FEF-t.

→ 1. tevékenység: Plazma és plazmakisülések

A tevékenység keretében a tanár ismerteti a Bevezető részben leírtakat.



Eszközök

- az előző részben ismertetett tananyag

→ 2. tevékenység: Villám, blue jet és vörös lidérc felismerése ISS-felvételen

A tevékenység keretében a tanulók videó megtekintésével megismerkednek a Nemzetközi Űrállomás fedélzetéről az űrhajósok és a fényképező rendszerek elé táruló látvánnyal, megpróbálnak földrajzi helyeket felismerni, majd a tanulói adatlapon megadott, az ISS fedélzetén készített képekhez kis csoportokban hozzárendelik a felismert légköri fényjelenségeket.

Eszközök

- Tanulói adatlapok
- Számítógép, telefon, vagy bármilyen, videó vetítésére alkalmas eszköz

Gyakorlat

Alakítsunk 3–4 fős csoportokat, és osszuk ki a csoportoknak a tanulói munkalapokat. Vetítsük le a három rövid videót (linkek a dokumentum végén) az űrállomás fedélzetéről látható gyorsított felvétellel, vegyük észre rajta a villámokat, a sarki fényt és a légkörfényt.

A „megfejtés”:

1: villám

2: villám, kék nyaláb

3: ---

4: villám, vörös lidérc

5: villám

6: villám (megjegyzés: az itt nem részletezett *kék tündérek* is feltűnnek a képen, a jobb alsó sarok közelében)

Megbeszélés

Érdemes megbeszélni, hogy a vörös lidércet tartalmazó felvételeken mindenhol látunk zivatart, villámot a lidérc alatt. Ennek az az oka, hogy a lidérc kialakulási mechanizmusa a villámhoz kapcsolódik: a lidércet a zivatarfelhőnek egy erős villám által történt „elektron-kiürülése”, és az ennek következtében nagyon rövid időre a felhő és a felső mezoszféra közti feszültségkülönbség indítja el.

→ 3. tevékenység: Rajzoljunk vörös lidércet!

A tevékenység során a tanulók saját rajz készítése alapján megértik, hogy az űrből már megismert jelenség hogyan látszik a Föld felszínéről.

Eszközök

- A4-es papír
- Színes ceruza

Tevékenység

Alakítsunk 3-4 fős csoportokat (akár az előző tevékenységben alakított csoportok megtartásával). Az a feladatuk, hogy rajzolják le, hogy este-éjszaka (mindenképp sötétben), egy távoli zivatarfelhő felett hogyan lehetne látni a vörös lidércet (7-8 perc).

Megbeszélés

Beszéljük meg (7-8 perc), hogy

- villámot is kell(ene) rajzolni a lidérc alá, de
- a lidérc magassága 50-80 kilométer, és túl közelről nem látom, mert akkor maga a zivatarfelhő takarná el
- felmerül a kérdés, hogy milyen távolságból láthatom a lidércet (ez átvezet a következő feladathoz), és hogy ilyen távolságból látszanak-e a villámok?
- és azt mindenképpen, hogy a túl rövid felvillanás miatt a lidérc szabad szemmel nem látható, csak hosszú záridős fényképen lehet detektálni.

A tanulói adatlapon megadunk egy ilyen fényképfelvételt, de ezt csak a rajz elkészültekor érdemes odaadni.

→ 4. tevékenység: Milyen messziről látszik a vörös lidérc?

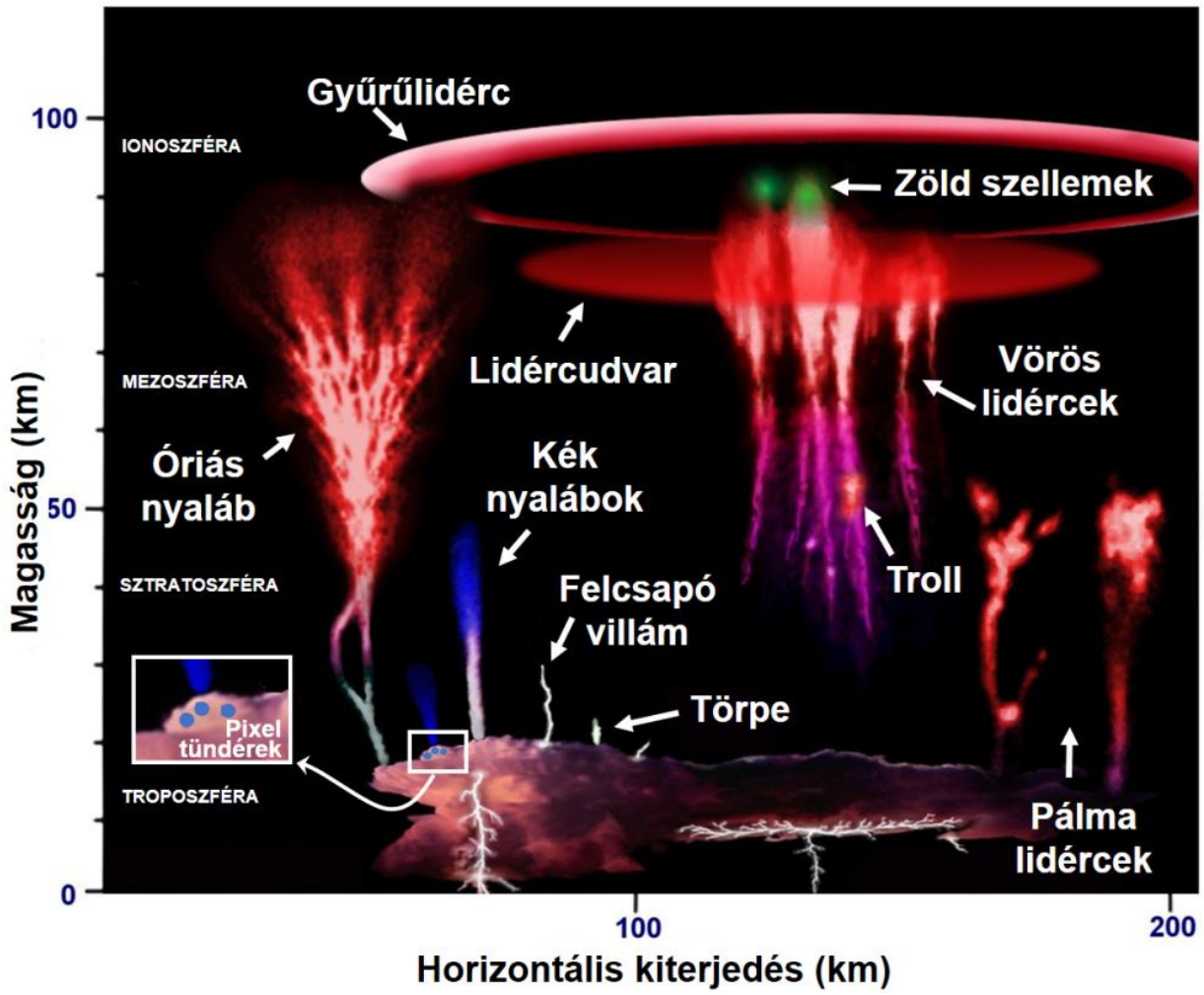
Az előző tevékenységben két érdekes, távolság-jellegű kérdés vetődik fel: milyen messziről látszik egy 50-80 kilométer magasban levő objektum, illetve egy 10 kilométer magas zivatarfelhő maximum ugyanilyen magasságig tartó (bár általában ennél rövidebb) villámai? Az utolsó, már opcionális tevékenységben erről történik beszélgetés.

Eszközök

- Tanulói munkalap

→ VILLÁMOK ÉS LIDÉRCEK

→ 1. tevékenység: Plazma és plazmakisülések



A plazmakisülések típusai.

Tudtad?

A vörös lidércek és más FEF-jeleket kutató UHU-projekt Kapu Tibor, Magyarország második kutató űrhajósa kísérleti programjának egyik eleme volt a Nemzetközi Űrállomás feldélzetén.

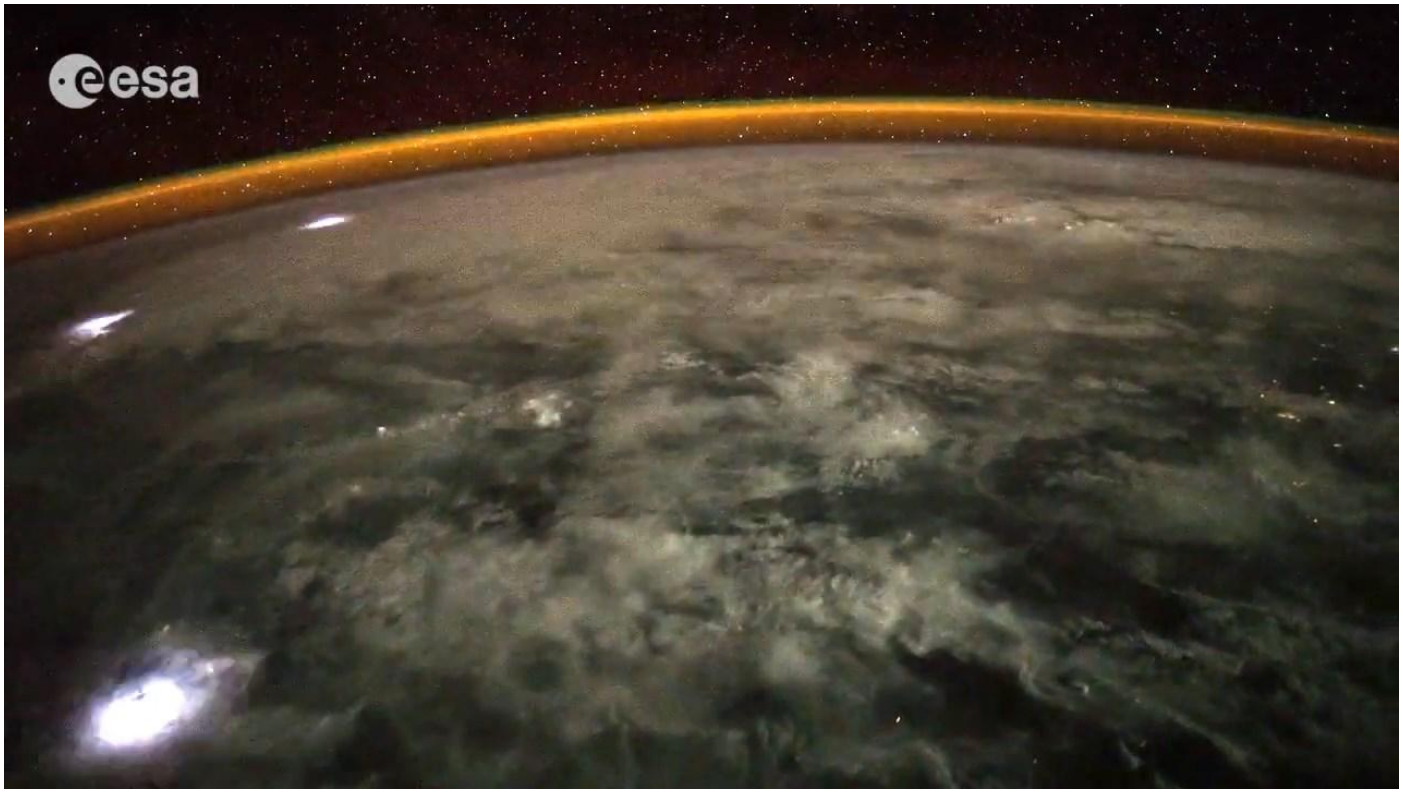
A vörös lidércek és más, felsőlégköri plazma-jelenségek kutatása pontosítja ismereteinket a Föld felső légkörének összetételéről, elektromos tulajdonságairól, illetve a Föld és a Föld körüli térség közötti elektromágneses kapcsolatról. Az eredmények hasznosítása elsősorban a villámészlelés hatékonyságának ellenőrzése és az extrém villámok elfordulásának és gyakoriságának vizsgálatában fontos.

Kapu Tibor kutató űrhajós. →

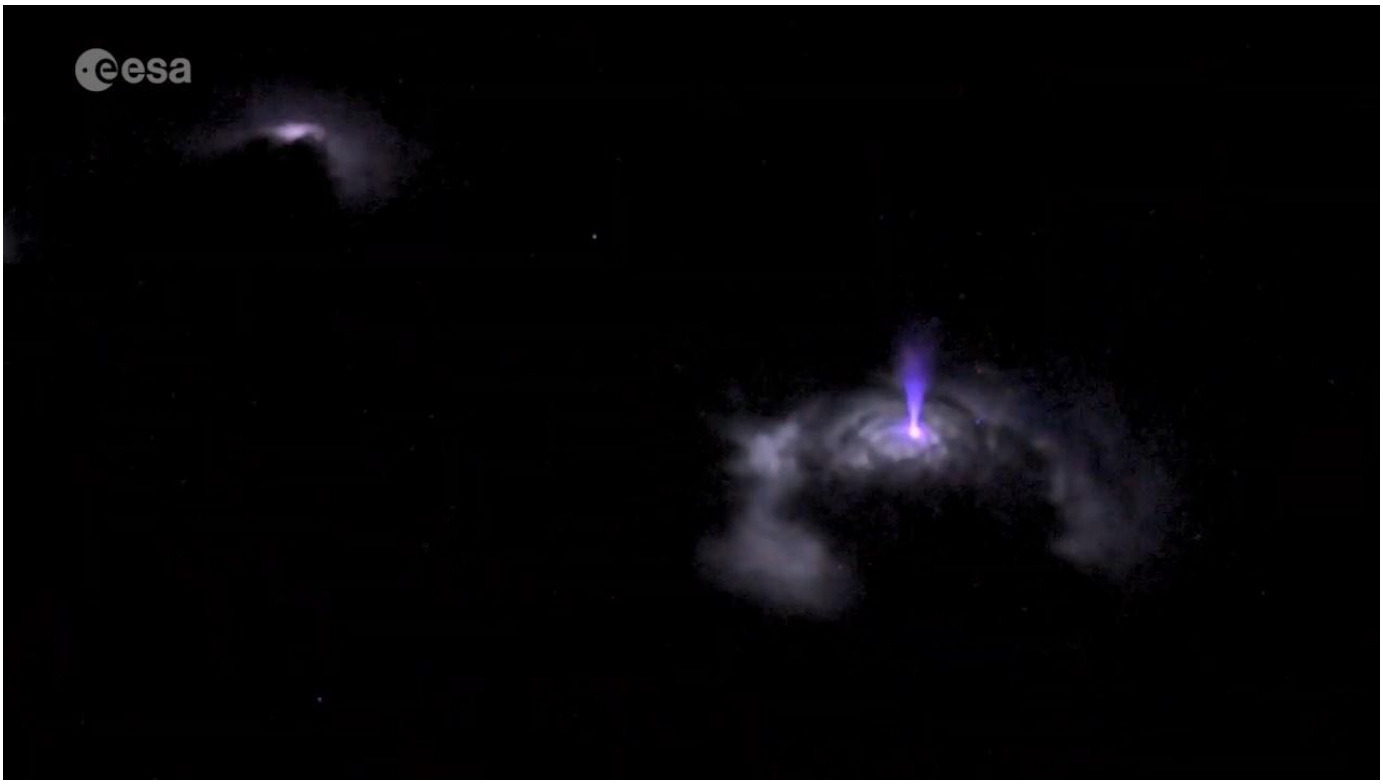
LÉGKÖRFÉNY
VÖRÖS LIDÉRC
VÁROS FÉNYE
ZIVATAR

↑ Kapu Tibor kutató űrhajós által készített fotók, különböző fényjelenségekkel a Föld éjszakai oldalán az ISS fedélzetéről.
Forrás: UHU Projekt; https://uhu.epss.hu/hu/uhu-calendar-images

→ 2. tevékenység: Plazmakisülések ISS-felvételeken



1. ◯ villám ------- ◯ kék nyaláb ------- ◯ vörös lidérc -------

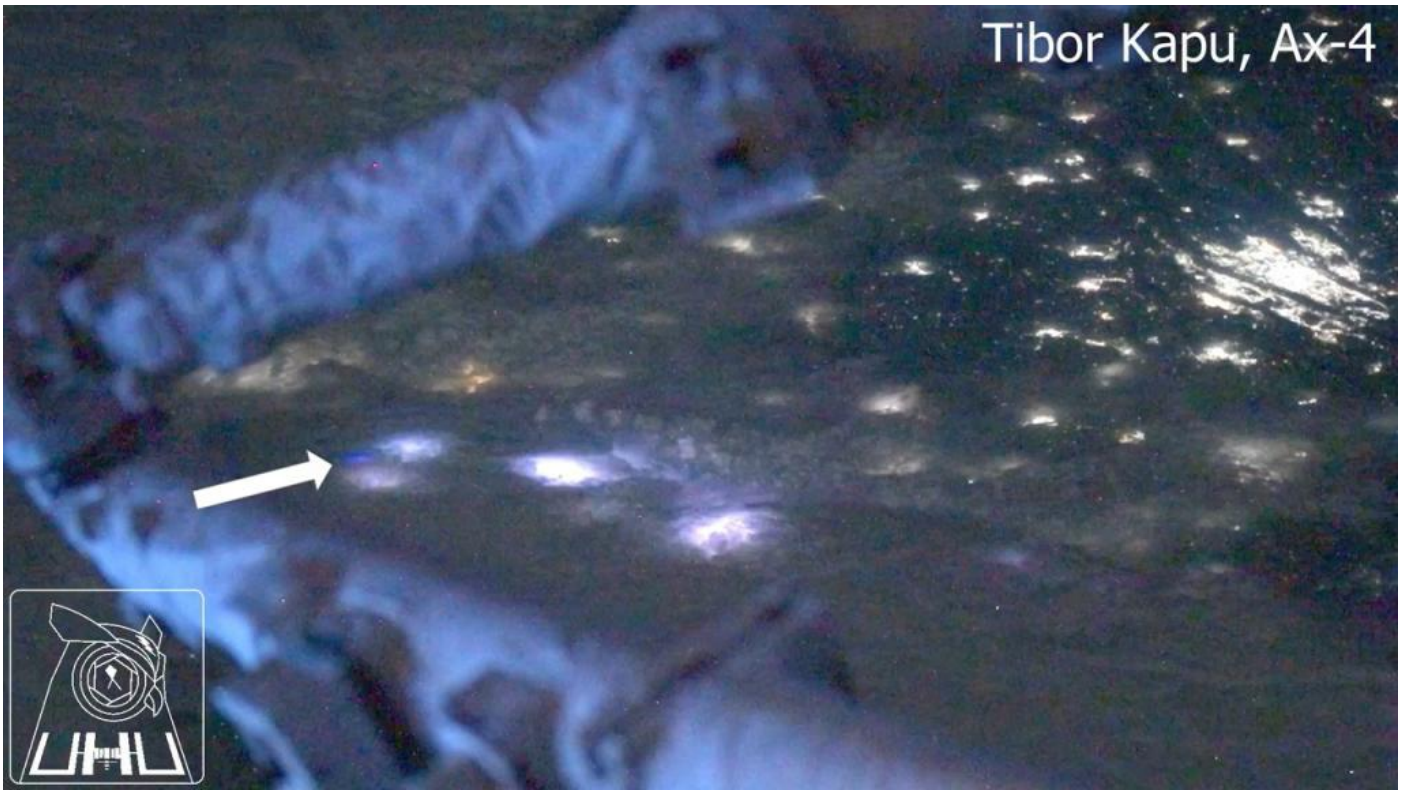


2. ◯ villám ------- ◯ kék nyaláb ------- ◯ vörös lidérc -------

3. ◯ villám ------- ◯ kék nyaláb ------- ◯ vörös lidérc -------

4. ◯ villám ------- ◯ kék nyaláb ------- ◯ vörös lidérc -------

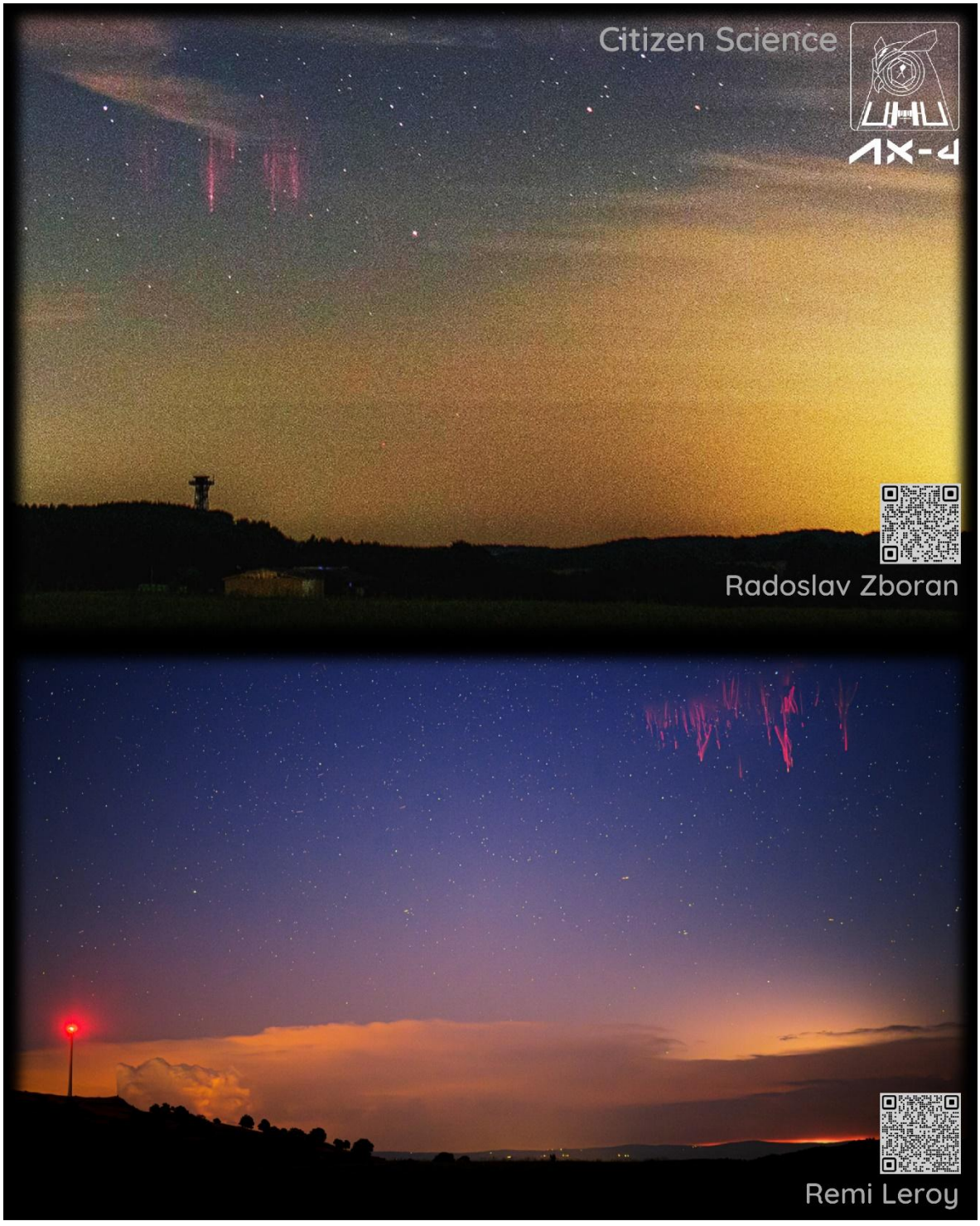
5. ◯ **villám -------** ◯ **kék nyaláb -------** ◯ **vörös lidérc -------**



6. ◯ **villám -------** ◯ **kék nyaláb -------** ◯ **vörös lidérc -------**

→3. tevékenység: Rajzoljunk vörös lidércet

Ezt a képet csak akkor adjuk a tanulóknak, amikor a saját rajzukat már elkészítették:

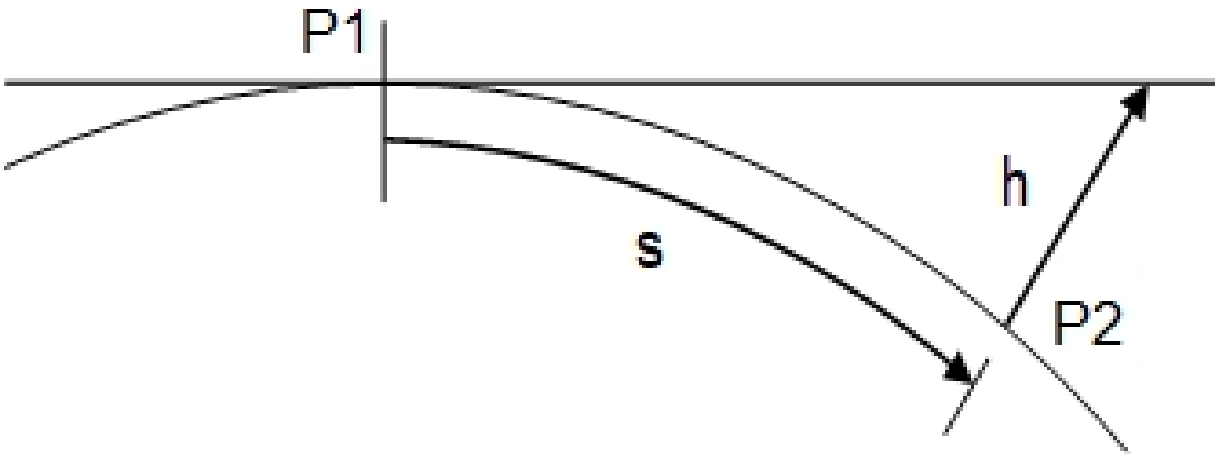


↑ Forrás: UHU Projekt; https://uhu.epss.hu/hu/uhu-calendar-images

Ezeken a képeken nemcsak lidércek alatti zivatarfelhő alig, vagy nem is látszik, a lidércek a csillagos ég hátterén jelennek meg.

→4. tevékenység: Milyen messziről látszik a vörös lidérc?

Milyen távolságból látható egy 60 kilométer magasban levő vörös lidérc?



A P1 jelű álláspontból nézem a P2 pont felett $h = 60$ km magasságban levő lidércet. A kérdés, hogy mennyi az s távolság?

A problémát kicsit leegyszerűsítve, a P1 pont, a Föld középpontja és a lidérc (a h nyíl csúcsánál) együtt egy derékszögű háromszöget alkotnak, amelyben a derékszög a P1 pontnál van. Az egyszerűsítés az, hogy a P1 pont és a lidérc távolságát s-nek veszem, pedig nem pont annyi (hanem kicsit több, ilyen távolságon ez még jó közelítés). A háromszög hosszabb átfogója a Föld ismert sugara ($R \approx 6370$ km), befogója pedig $R + h \approx 6430$ km.

Pitagorasz tételéből: $s^2 = 6430^2 - 6370^2$, vagyis $s^2 = 768\,000$, így $s \approx 876$ km.

Valójában az ilyen távolságra levő lidérc épp a horizonton lenne. A ténylegesen észleltek jóval közelebb vannak, kb. 200-500 kilométerre.

Ugyanezt a számítást a $h = 10$ km magasságú zivatarfelhőre elvégezve $s \approx 350$ km.

Ilyen távolságból a felhő teteje épp a horizonton van, de 200 km távolságban levő zivatarfelhők teteje már jól látható a horizonton. A villámok fénye is látható ilyen távolságból, ha a levegő viszonylag tiszta.

→ Linkek

ISS timelapse videók

Villámok:
https://www.youtube.com/watch?v=TZ_qrncuHV0
Európa felett:
https://www.youtube.com/watch?v=ztXjCch_PxA
Lidérc-vadászat:
https://www.youtube.com/watch?v=eec2mcMsuXA

Az Európai Űrügynökség segédanyagai

Vörös lidércek és blue jet-ek:

https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2016/04/Red_sprites_and_blue_jets

Oktatási segédanyagok esa.int/Education/Classroom_resources

Az Európai Űrügynökség űrprojektjei

SMART-1
http://sci.esa.int/smart-1

HERACLES
esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Exploration/Landing_on_the_Moon_and_returning_home_Heracles

Az UHU -projekt (Földfizikai és Űrtudományi Kutatóközpont) kapcsolódó anyagai

A felhasznált képek egy részét az UHU projekt engedélyével használtuk fel.

Az UHU projekt:
https://uhu.epss.hu/

Kártyázzunk lidércekkel:
https://uhu.epss.hu/hu/a-card-game-on-hunting-red-sprites/

2026-os lidércnaptár:
https://uhu.epss.hu/hu/uhu-calendar-images