



VILLÁMOK



Tasnádi Péter
ELTE METEOROLÓGIAI TSZ



VÁZLAT

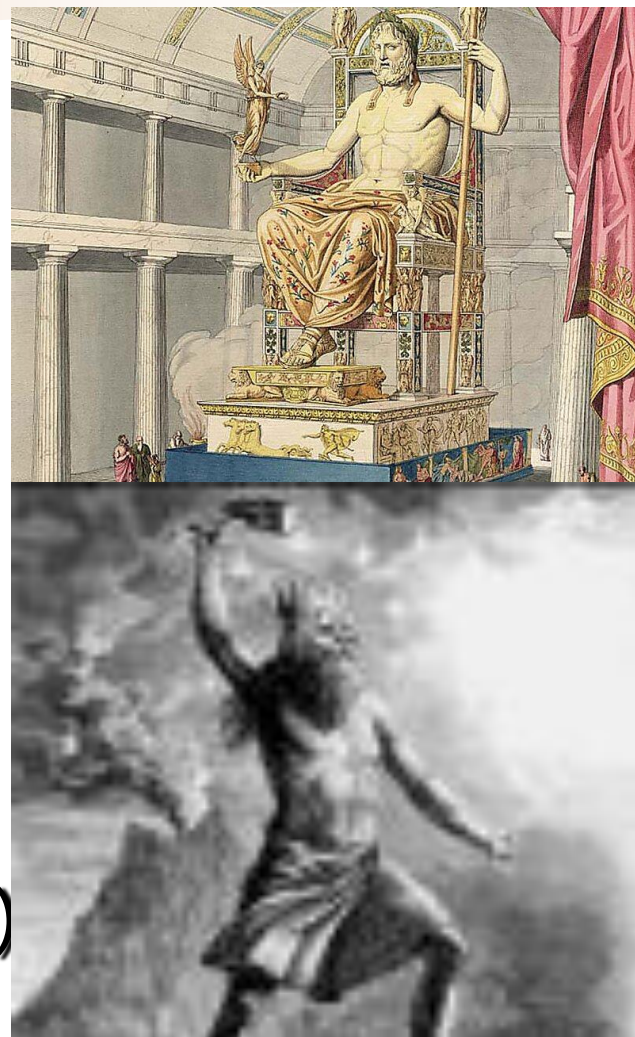
- Motiváció, történet
- Mi a villám?
 - Fajtái
- A töltésszétválás a felhőkben
- A villám élettörténete
- Villámok szerepe a légkörben
 - Elektromágn. tér, légköri áramkör, felsőlégköri elektromos jelenségek, Schumann rezonancia, klimaváltozás?
- Villámvédelem
- Tanítási szempontok (MER)

Lucz Ildikó és Tasnádi Péter
Villámok az új nemzeti
alaptanterv tükrében Fiz Szle

VILLÁM VILLÁMTÖRTÉNET

■ A villámok Istene:

- Buddha villámokkal kezében
- Typhon (Seth)
- Indra (Védák könyve)
- Zarpenik (Sumer)
- Zeus a fellegettorlaszó
- Thor (Torsday, Thursday, Donnerstag, iovedi)
- thunderbird (Afrika, indiánok)
- <http://map.blitzortung.org>



KÖZÉPKOR

- 33 év 386 templomtorony lerombolása
- 103 harangozó halála

- **Vivos voco, mortuos plango, fulgura frango**
(*Az élőket hívogatom, a holtakat siratom, a villámokat megtöröm*)
- St Mark Velence, 1388, 1417, 1489,
1548, 1565, 1653, 1745 villámh:1766
- 1718 ápr. 14. 24 templomtorony
pusztulása a francia tengerparton
- Brescia 1769 3000 halott



BENJAMIN FRANKLIN

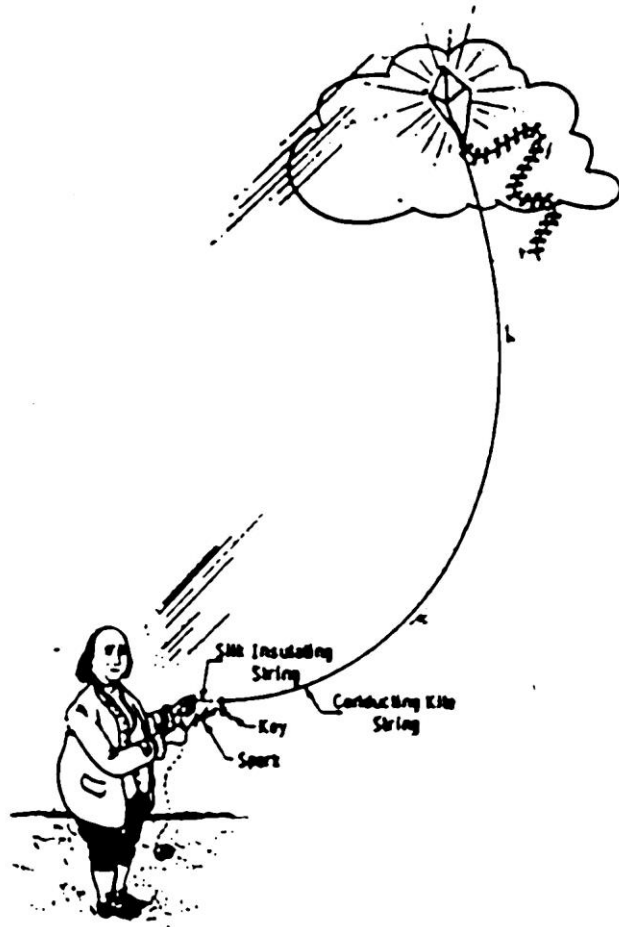
- 1774 „az elektromos folyadék” és a villám azonos sajátosságai
 - fény, gyors mozgás, a fémek vezetik, zajos robbanásszerű keletkezés, fennmarad jégben is, tönkreteszi a közeget amin keresztülmegy, megöli az állatokat, megolvasztja a fémeket, az éghető anyagokat lángra lobbantja, kénes illata van
 - kísérletek az azonosság eldöntésére 1752, 1753



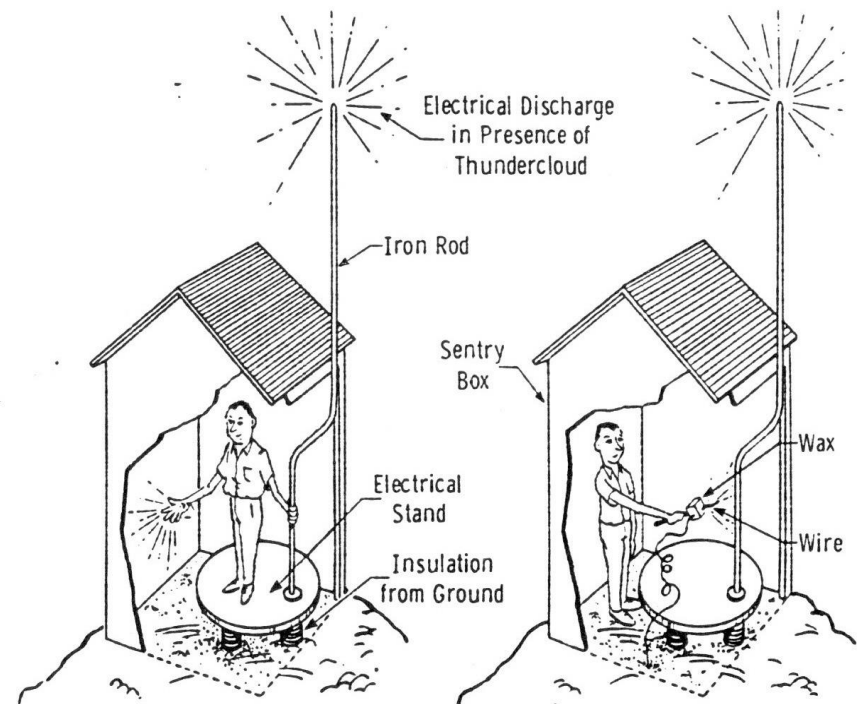
FRANKLIN KÍSÉRLETEI

6

1 Introduction



MPEG video/audio
stream



MODERN KOR

Fényképezés és spektroszkópia

Weber 1889, Walter 1902, Larsen 1905

Boys speciális fotók

A villám áramának mérése

Pockels, bazaltban maradó mágneses mező

Wilson

elektromos térerősség mérés a zivatarfelhő
töltéseloszlásának megállapítására

Simpson

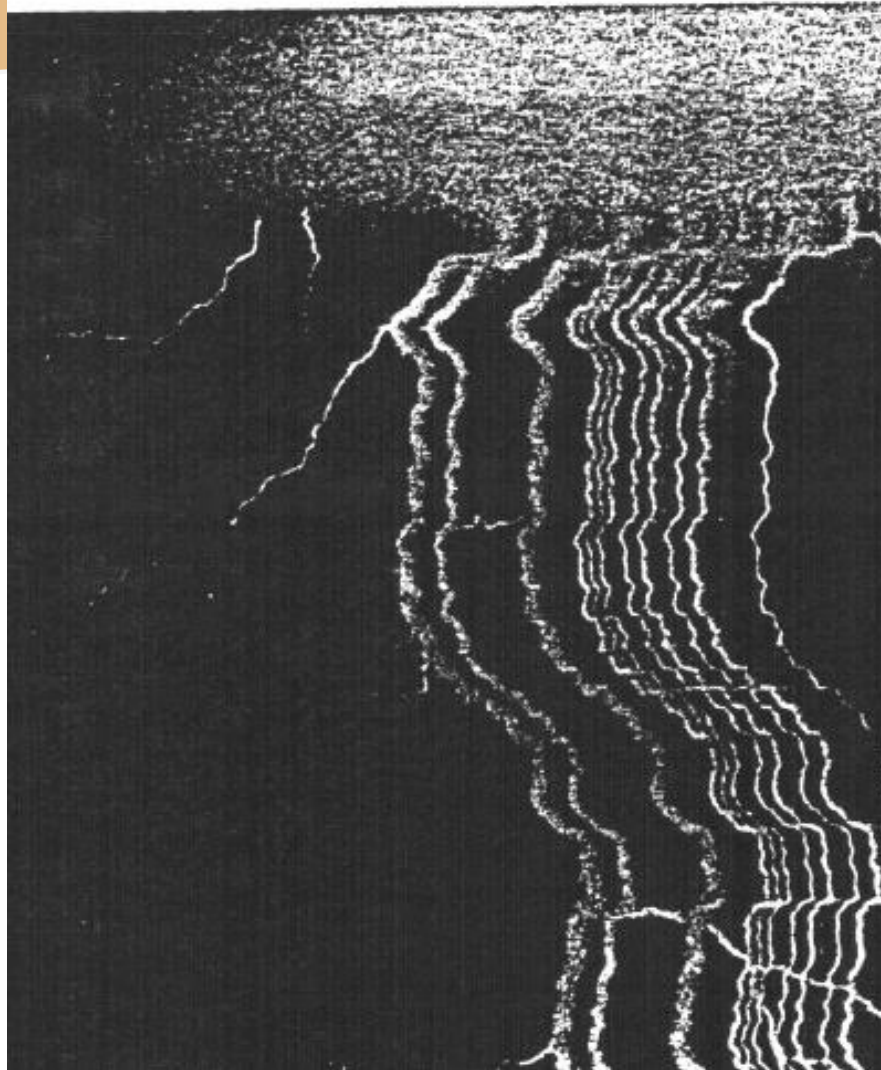
a lehulló csapadék töltésének mérése

Gyors kamerák

Warner 2000-es évek 10 000 fps

BOYS FELVÉTEL

WARNER
FELVÉTEL

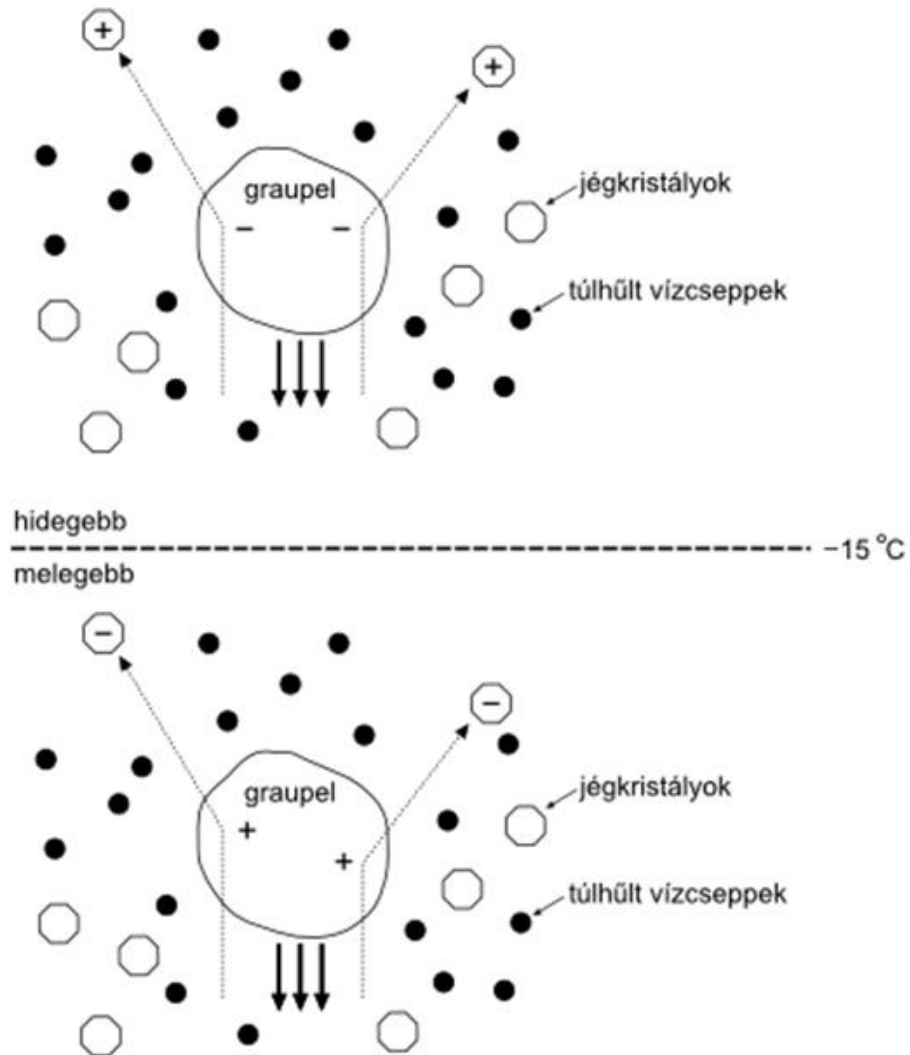


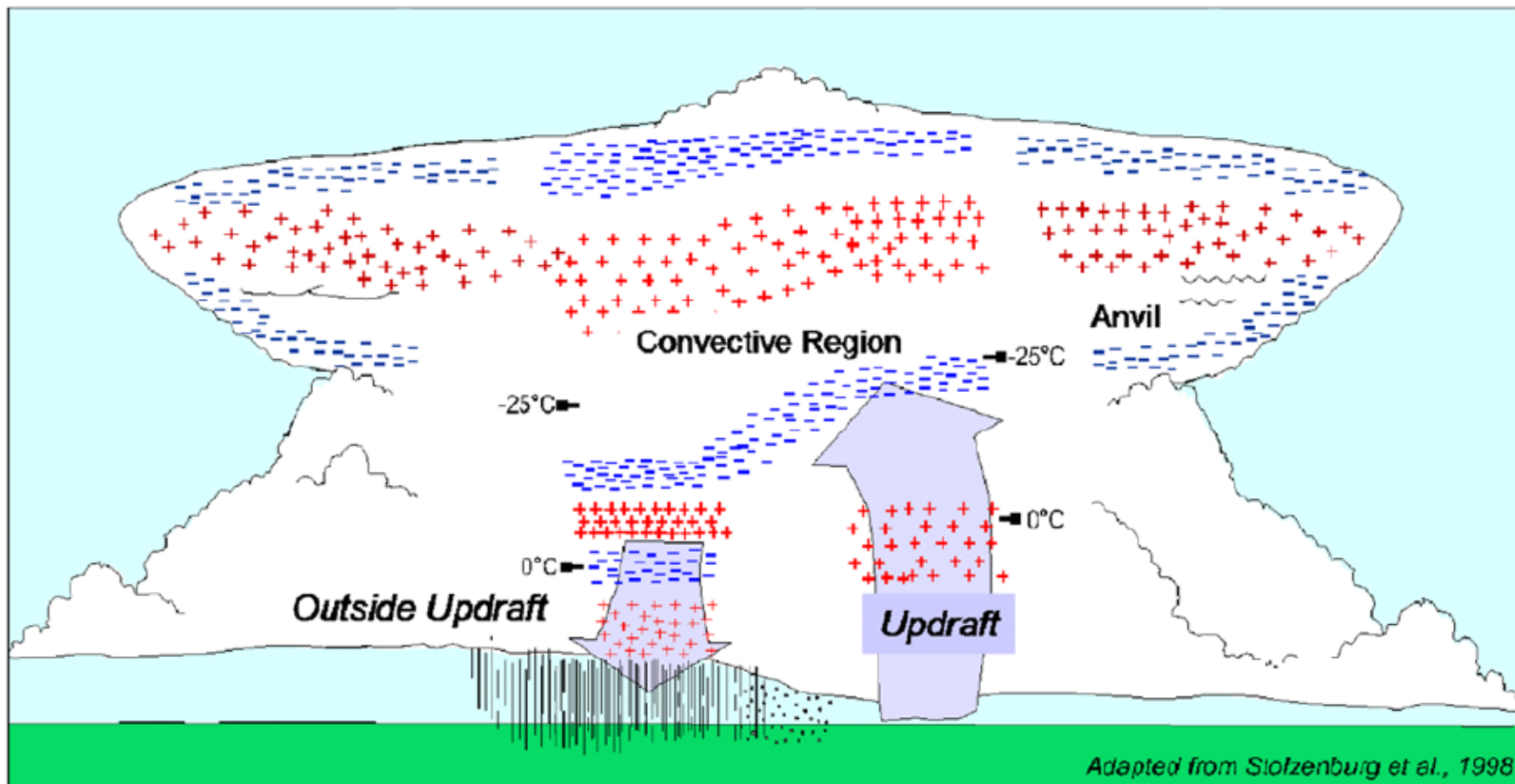
VILLÁMFAJTÁK

- Felhőn belül
- Felhők között
- Felhő és talaj között
- Berger féle osztályozás
 - elővillám iránya,
 - elővillám előjele

A ZIVATARFELHŐ TÖLTÉSELOSZLÁSA

Töltésszétválás





A zivatarfelhő töltésszerkezetének konceptuális modellje Stolzenburg (1998) nyomán. A két fontos pólust a felső pozitív töltésű, és a felhő közepén elhelyezkedő negatív töltésű zóna képezi. A legfelül jelölt negatív töltések un. árnyékoló töltések.

VILLÁM ÉLETRAJZA I.

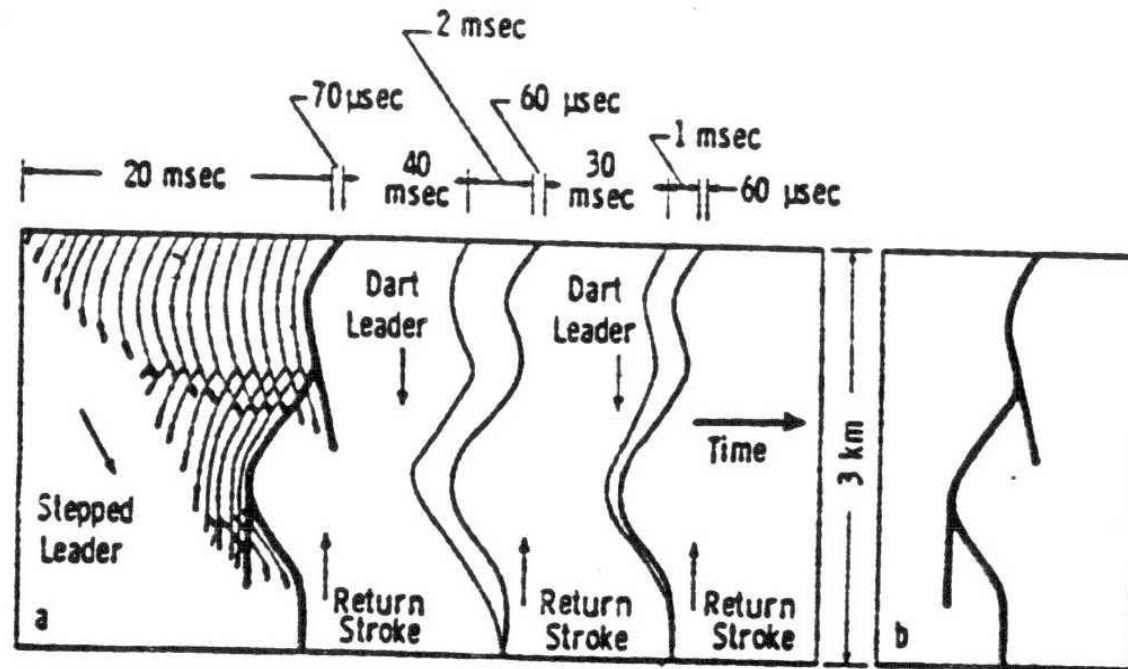
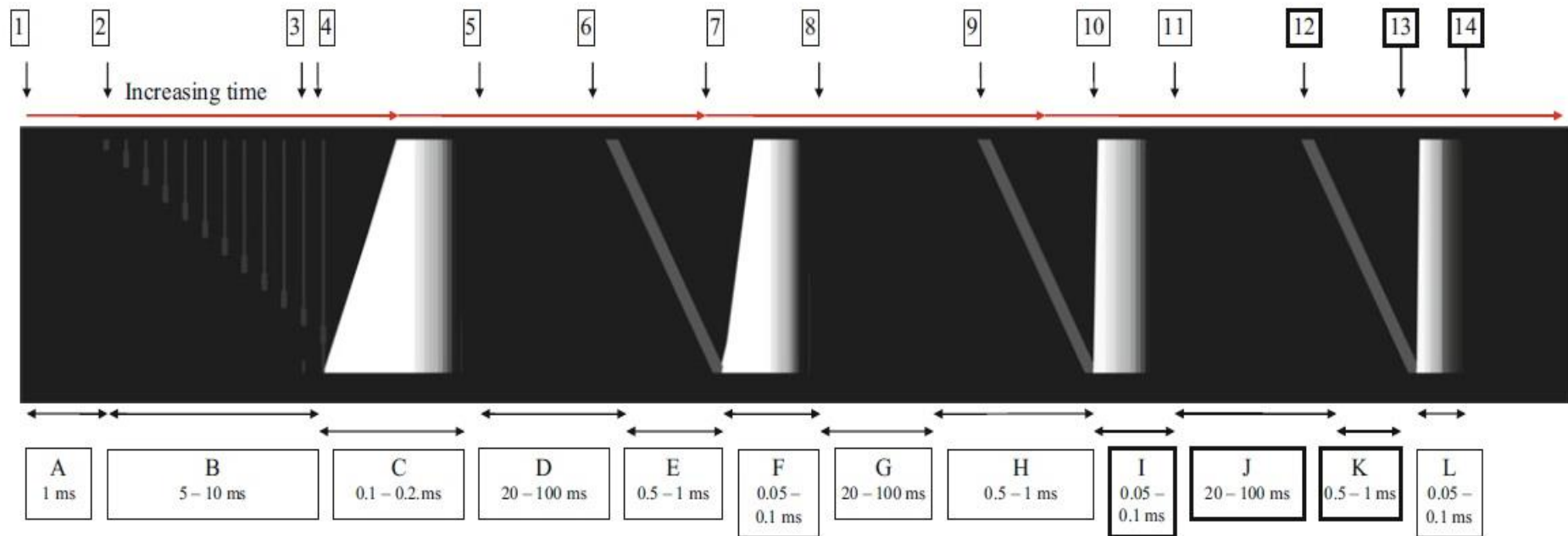


Fig. 1.6 (a) A drawing of the luminous features of a lightning flash below a 3-km cloud base as would be recorded by a streak camera (Section C.4; Fig. C.8). Increasing time is to the right. For clarity the time scale has been distorted. (b) The same lightning flash as would be recorded by a camera with stationary film. Adapted from Uman (1969).

VILLÁM ÉLETRAJZA BŐVEBBEN II.



What happens at different times?

- 1 - Electrical breakdown takes place between the negative charge and positive charge pocket at the base of the cloud.
- 2 - A stepped leader is initiated.
- 3 - A connecting leader is initiated from ground.
- 4 - The connecting leader meets the downcoming stepped leader and the first return stroke is initiated.
- 5 - The first return stroke ends.
- 6 - A first dart leader is initiated from cloud.
- 7 - The dart leader reaches ground and a second return stroke is initiated.
- 8 - second return stroke ends.
- 9,10,11,12,13,14 - dart leader return stroke process is repeated twice more.

What happens over different time intervals?

- A - A stepped leader is initiated inside the cloud
 - B - A stepped leader travels towards ground. Each time a step is made the whole channel momentarily luminates.
 - C - The return stroke travels up. The channel is very bright below the front of the return stroke. This luminous section of the channel increases with time. After the return stroke front reaches the cloud, the current decays in the channel as does the luminosity.
 - D - No current flows in the channel.
 - E - A dart leader is initiated in the cloud which propagates towards the ground. At any instant dart leader appears as a bright 'dart' several tens of meters in length.
 - F - The second return stroke travels towards the cloud.
 - G,H,I,J,K - The dart leader return stroke process is repeated twice more.
- (Typical duration of each event is given in thousandths of a second; abbreviated as ms)

Villám animáció

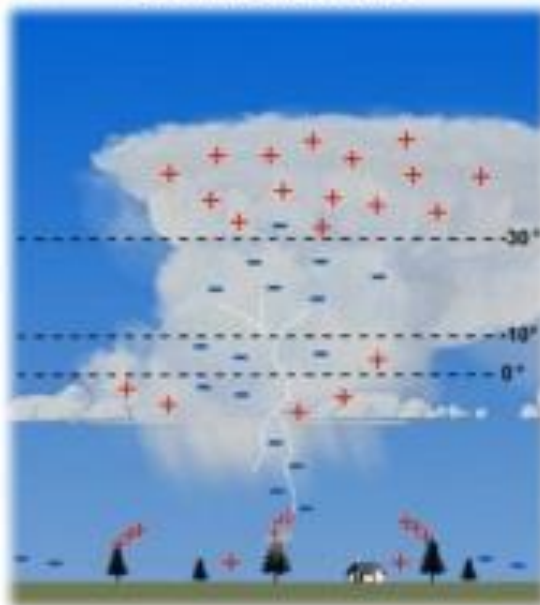


ltg_ani.mp4

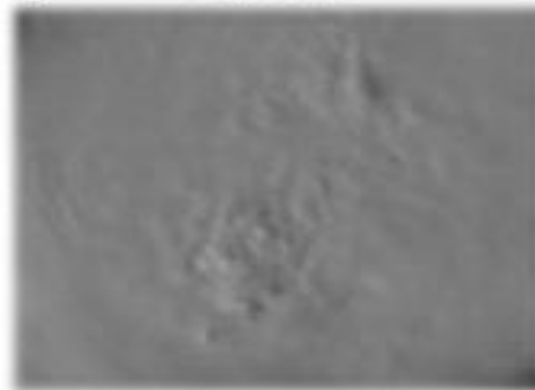
Step 7: Successive Dart Leaders and Return Strokes

hr	min	sec	msec	µsec
00	00	00	.261	320

1 Conceptual View of Cloud-to-Ground Lightning Discharge Process



3 Cloud-top View



2 Ground-Based Lightning Detection

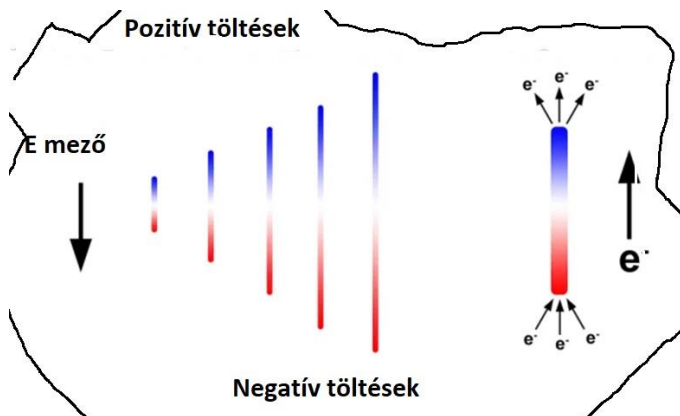


- Low frequency radio wave listening network detections
- VHF Lightning Mapping Array (LMA) detections

©The COMET Program

HOGYAN INDUL? KESIMÍR ELMÉLETE

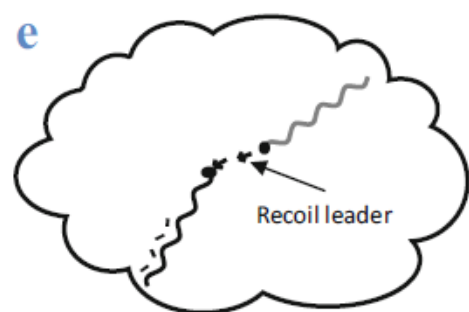
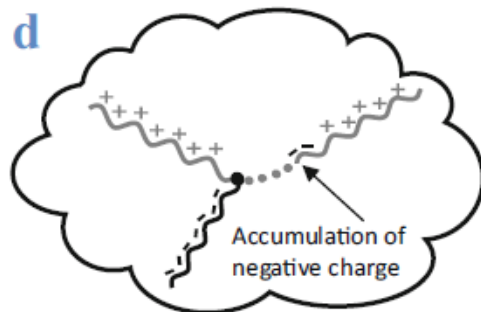
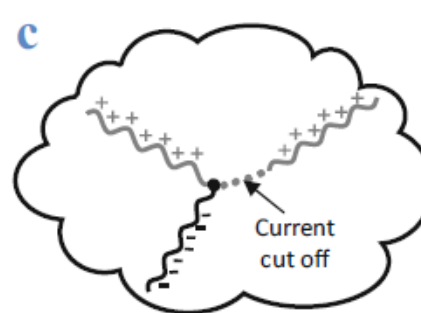
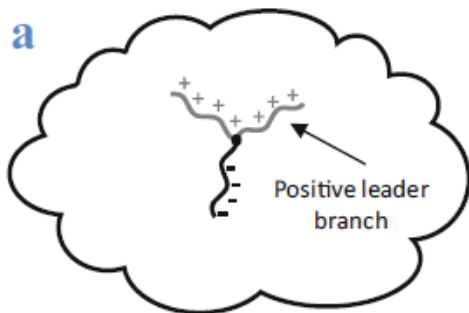
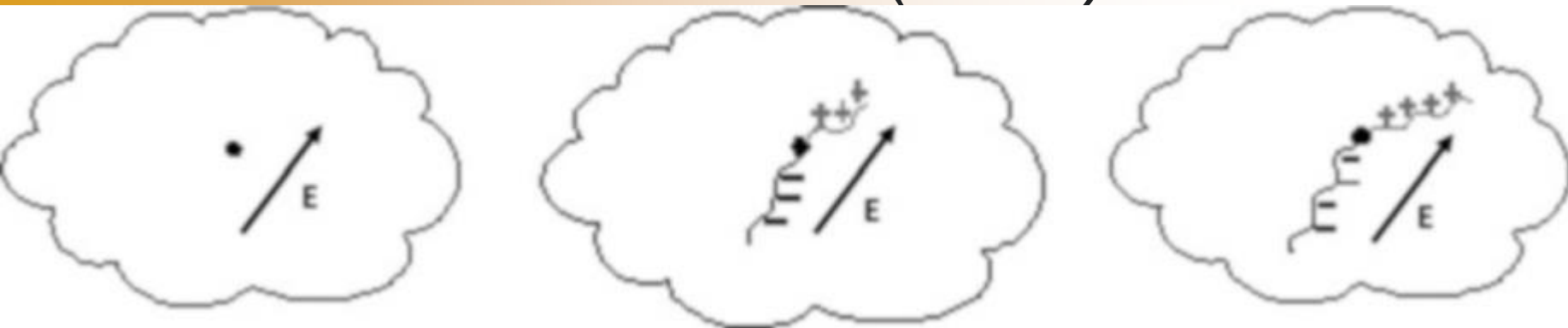
- A SZIKRA ANALÓGIA NEM PONTOS
 - NINCSENEK ELEKTRÓDÁK
 - NEM EGYIRÁNYÚ FOLYAMAT
- KÉTIRÁNYÚ, BIPOLÁRIS FOLYAMAT
 - Kesimir 1950, elfogadása 1990 után



Bipolar leaders

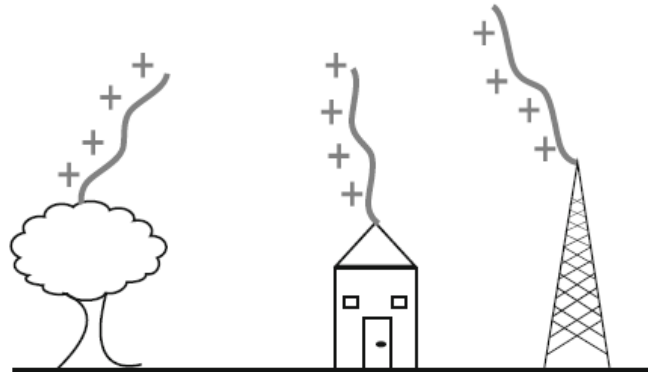
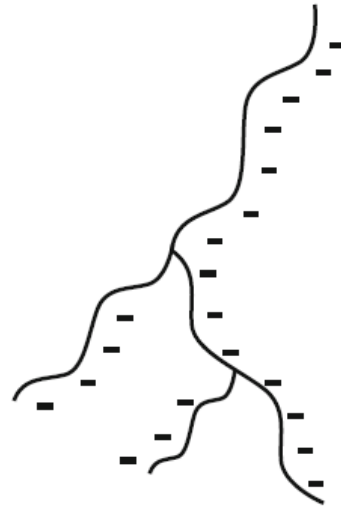
A vezető kétirányú terjedése

visszáram (recoil)



HOVÁ CSAP VILLÁM, A CSATLAKOZÓ VEZETŐ

A lefelé mozgó lépcsős vezető terének hatására a talajról csatoló vezető indul a villám felé.



VILLÁMOK SZEREPE A LÉGKÖRBEN

A FELHŐK TÖLTÉSELOSZLÁSA a Föld töltése

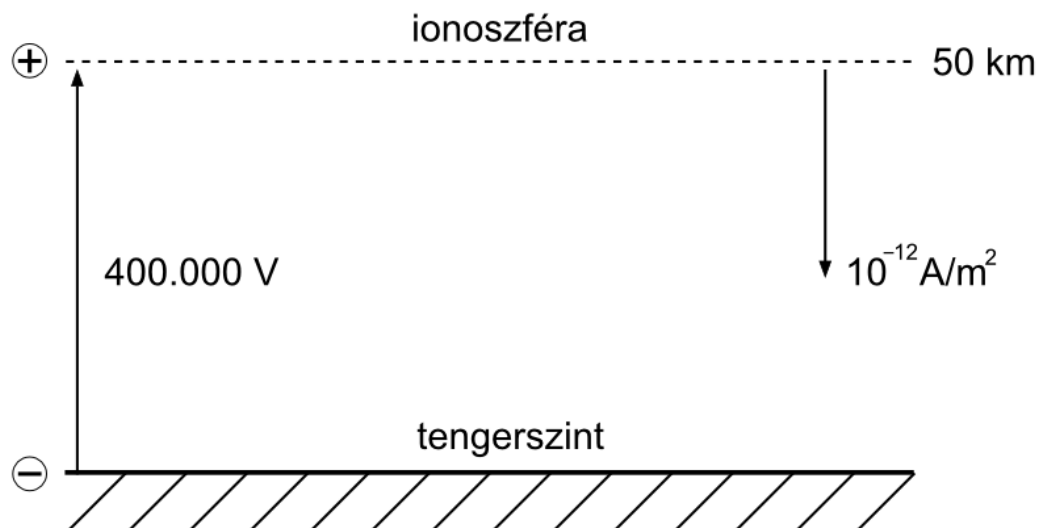
A föld és az ionoszféra hatalmas állandóan töltött gömbkondenzátort alkot. A föld a negatív, az ionoszféra a pozitív fegyverzet.

A kondenzátor szivárog

A teljes áram 1000 A

1/2 ÓRA ALATT KISÜLNÉ

Mi tölti fel?



WILSON ÉS SIMPSON VITÁJA

Mi tölti fel a Föld –Ionoszféra kondenzátort?

A ZIVATAROK?

Wilson : Igen

A felhő lent negatív,
fent pozitív dipólus

Simpson : nem

A felhő lent pozitív,
fent negatív dipólus

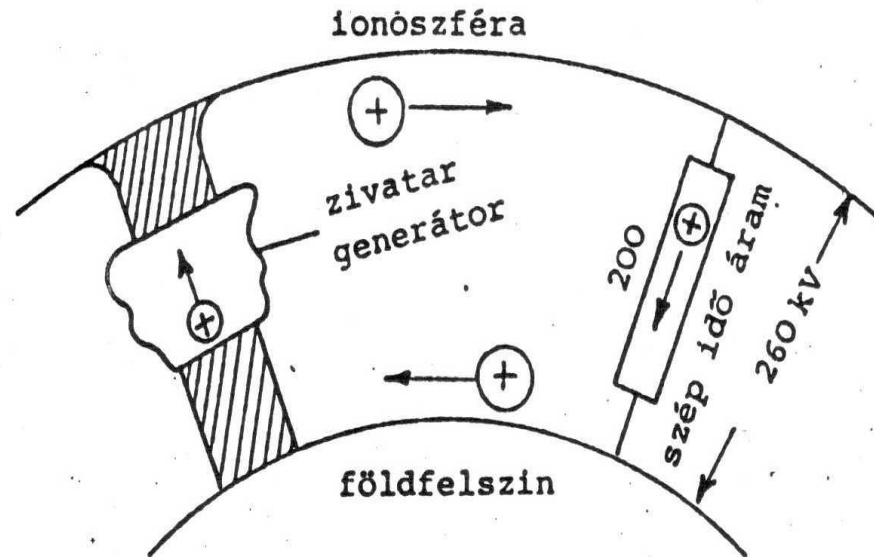
Valóság: a felhő tripólus, fent pozitív,
középen negatív, lent kis pozitív tartomány

A ZIVATARGENERÁTOR

Wilson modell

Szép idő:
100-150V/m

1300A



75. ábra

A globális légköri villamosság áramkörének "kondenzátor modellje"

A VILLÁM ELEKTROMÁGNESES TERE

- A teljes elektromágneses spektrum
 - A rádióhullámok tartománya
 - Kísérlet: a rádió serceg (1MHz körül), analógia, a villám nagy antenna
 - Leírás: a gyorsuló töltés sugárzása
 - Az optikai tartomány
 - Az ionizált és gerjesztett gázok sugárzása (N kékes, O zöldes)
 - Nagyenergiájú gamma sugárzás
 - Jelenleg is kutatott

SPRITES, ELVES AND GLOW DISCHARGE TUBES

- 1924 jóslat (ismét) Wilson: a viharok felett rövid fénytűnemények
- 1990 Boeck és Vaughan igazolták
- 1993 szisztematikus kutatás
 - Sentman : sprites
 - Lyons: elves
 - Emission of light and very low frequency perturbations from electromagnetically pulsed sources

KAPCSOLAT A ZIVATAROKKAL

SPRITE

LIDÉRC

ELF, ELVES

MANÓ

TENDRILS

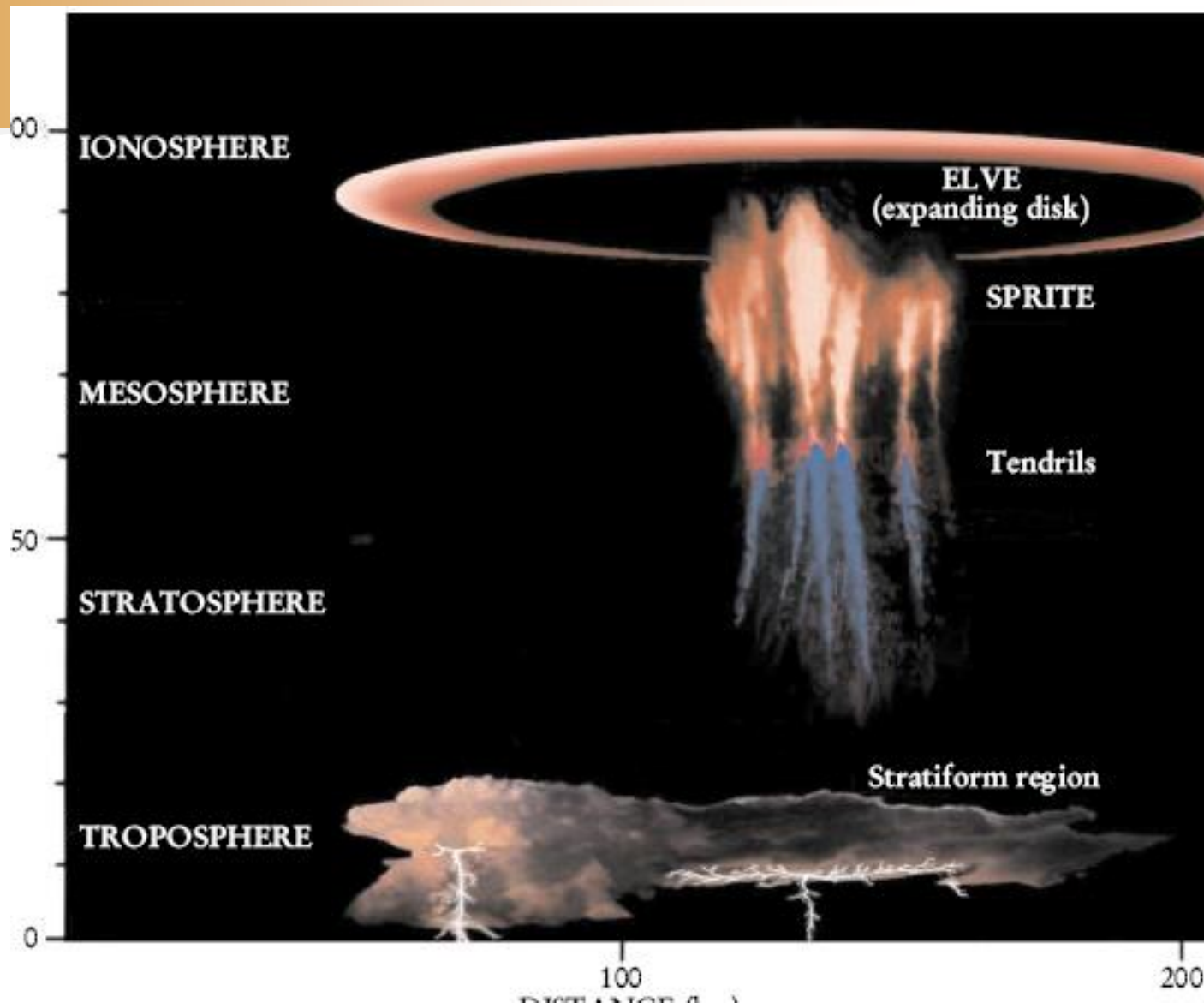
KACSOK

CARROTT

SÁRGARÉPA

JELLYFISH

POLIP

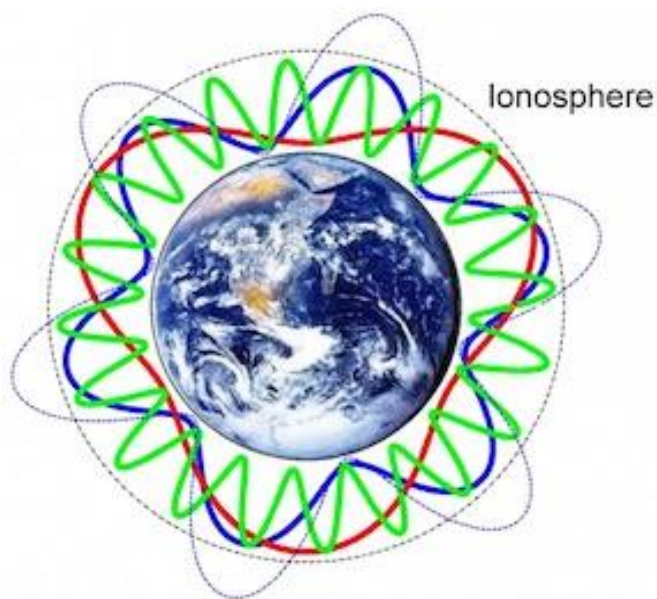


SCHUMANN REZONANCIÁK

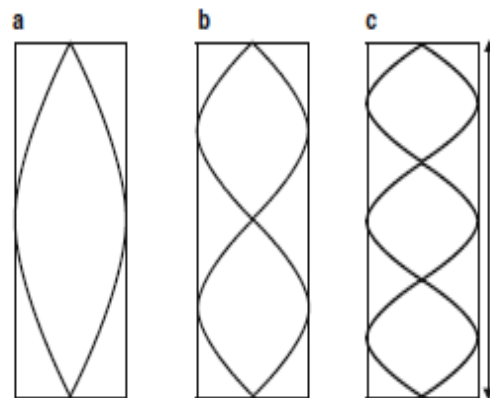
A FÖLD SZÍVVERÉSE

A villám spektrum ELF frekvenciáira:
3Hz-3000Hz „rezonál a föld –
ionoszféra kondenzátor

$$f = \frac{c}{2\pi R} \sqrt{n(n+1)}$$



Analógiák



5. ábra

Mindkét végén zárt levegőoszlop
rezonanciafrekvenciái

$f = n \frac{c}{2l}$, ahol n egész szám, c
a hang terjedési sebessége
levegőben, l a levegőoszlop
hossza

A VILLÁM KELETKEZÉSE

A légkör szigetelő!?

A levegő jó szigetelő

1 at 293 K 1 cm³ 10 db szabad elektron
a kozmikus sugárzás és a földből kilépő radioaktív elemek
sugárzása miatt.

Átütési szilárdság: 3×10^6 V/m

Átütés: nagy elektromos tér hatására vezetővé válik a levegő
Az elektronok könnyen, az ionok nehezen mozognak

Nagyenergiájú elektronok: **elektronlavina**

A magassággal a kritikus tér:

$$E_c = E_{0c} \frac{\rho}{\rho_0}$$

A VILLÁM KELETKEZÉSE

- 1874 Benjamin Franklin
 - A villám elektromos kisülés
- Kísérleti tapasztalat (rejtélyek)
 - A zivatarfelhőkben a térerősség nem elég nagy
 - Izolált, a villámoktól független nagyenergiájú sugárzás (NBP), vele együtt rádiófrekvenciás jel
 - Bipoláris a villám elindulásával korrelált sugárzás
 - A villámokkal korrelált röntgensugárzás a felhőben és a felhő alatt, gamma sugárzás az ionoszférában

MI AZ OKA??

A KOZMIKUS ZÁPOR

(Extensive
Atmospheric Shower,
EAS)

Tien Shan,
Kazahsztán

A villám rádió,
gamma és egyéb
sugárzást kelt

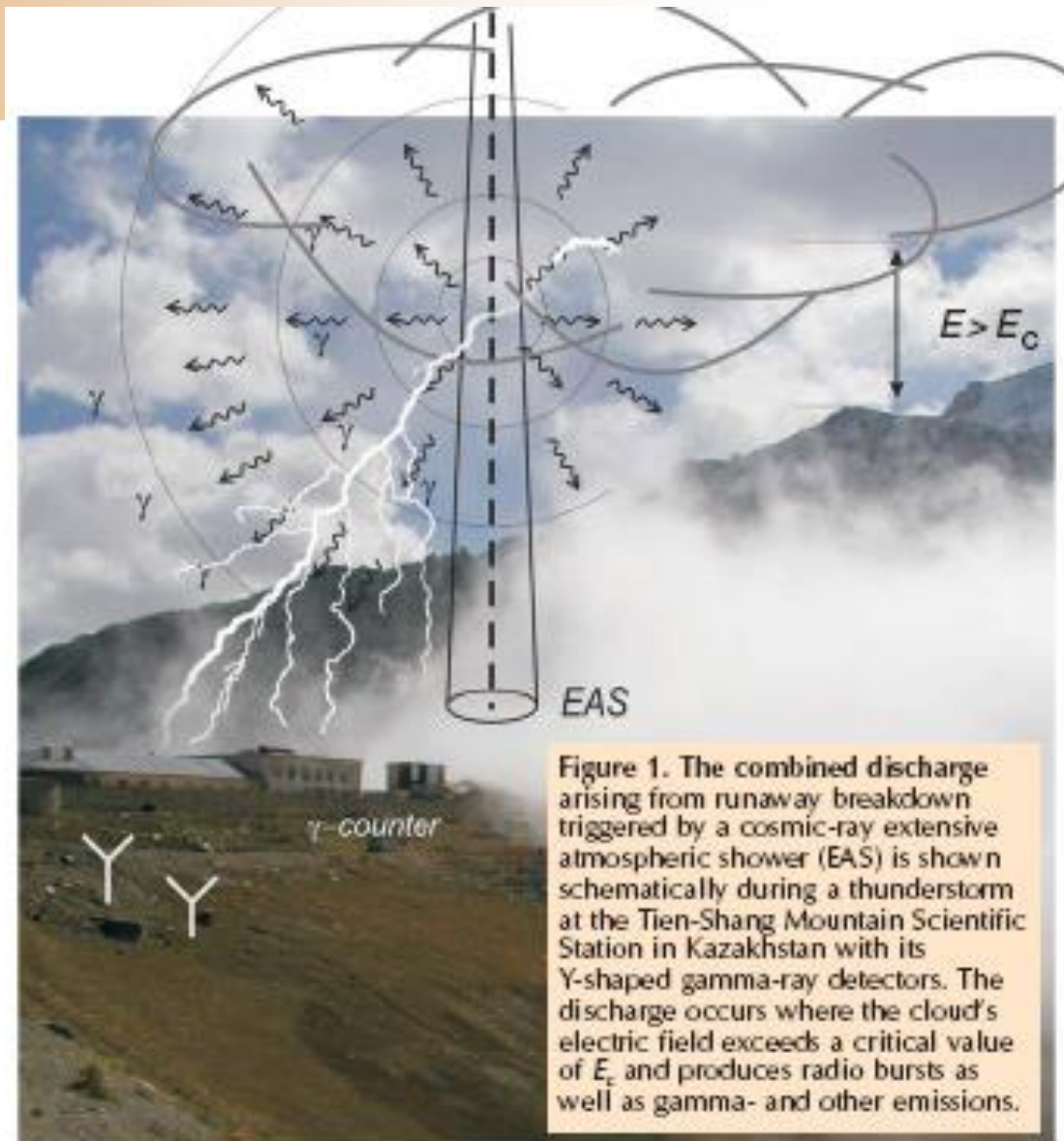


Figure 1. The combined discharge arising from runaway breakdown triggered by a cosmic-ray extensive atmospheric shower (EAS) is shown schematically during a thunderstorm at the Tien-Shang Mountain Scientific Station in Kazakhstan with its Y-shaped gamma-ray detectors. The discharge occurs where the cloud's electric field exceeds a critical value of E_c and produces radio bursts as well as gamma- and other emissions.

SZÖKŐ ELEKTRONOK

RUNAWAY

- A nagyenergiájú sugárzás relativisztikus sebességgel mozgó elektronokra utal
- Az anyagban (légkörben) mozgó elektronok ionizálják az anyag molekuláit - fékező erő

Meghatározott elektromos tér felett a fékező erő ellenére az elektronok gyorsulni kezdenek (runaway)

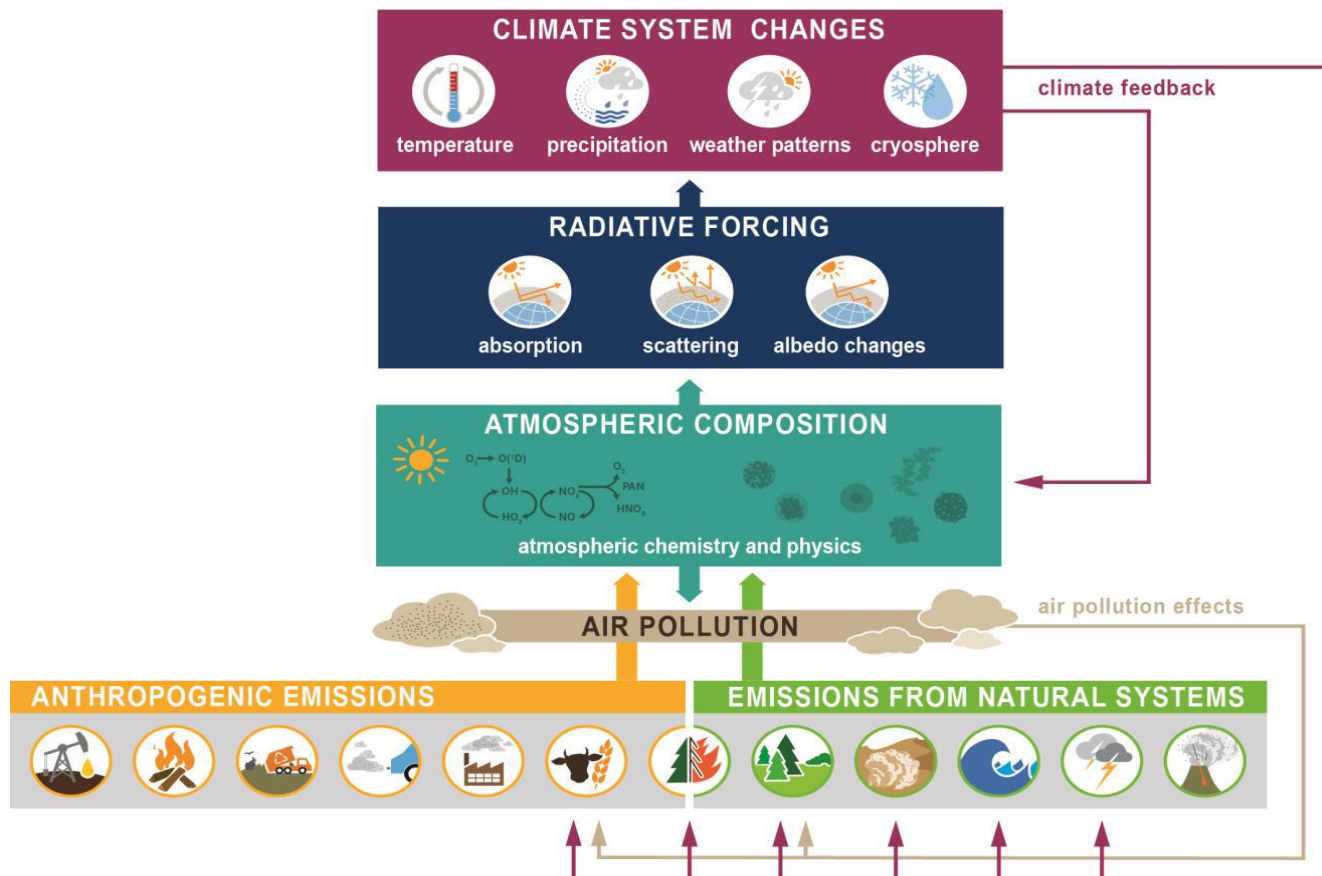
RUNAWAY BREAKDOWN

$$E > E_c$$

- Elektromos tér nélkül 1MeV elektronok néhány méteres úton megállnak
- Kritikus tér felett folyamatosan gyorsulhatnak (runaway) $E > E_c$
- Sok lassú és néhány új gyors elektron
- Lavinyszerű folyamat
- Átütés (breakdown)
- Normál átütés: 2MV/m
- RB: 200kV/m

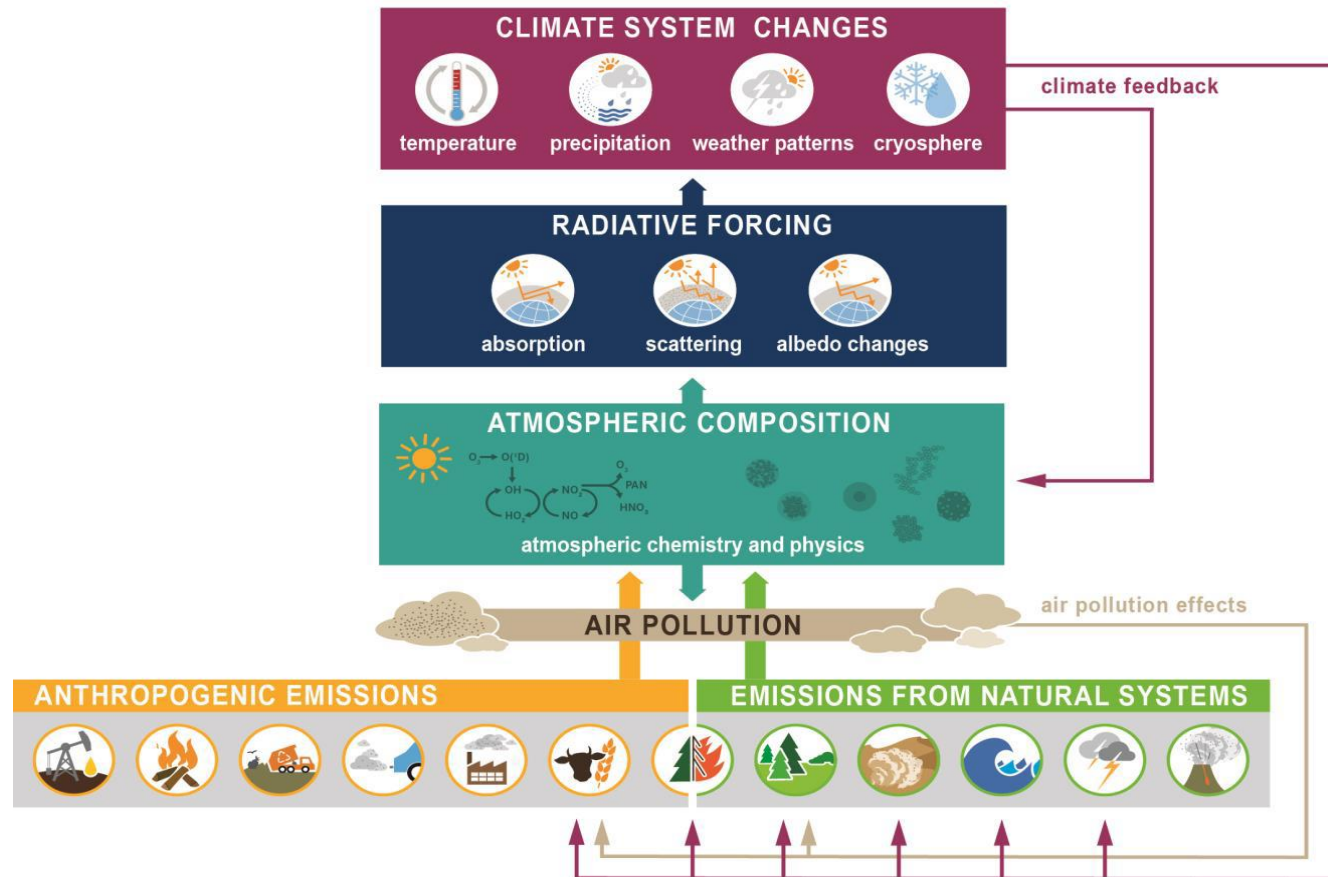
VILLÁMOK ÉS KLIMAVÁLTOZÁS

Sources and processes contributing to SLCFs and their effects on the climate system



VILLÁMOK ÉS KLIMAVÁLTÓZÁS

IPCC jelentés: Rövid élettartamú, klímát befolyásoló hatások (SLCF). A villámok nitrogénoxidokat termelnek



Az MTA-ELTE Fizika Tanítása Kutatócsoport (2016 – 2022) által készített elektronikus tananyagok diákoknak és tanároknak

Szabadon letölthetők a

<http://fiztan.phd.elte.hu/kozkinsc/index.html>

oldalról



Útban a kvantumszámítógép felé: elemi kvantummechanikai ismeretek



Moduláris szerkezetű kísérleti e-tankönyv a hullámtanról



Ismerkedés a felvezetővel és hétköznapi alkalmazásokkal



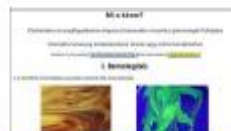
A Coriolis-hatás következményei kis és nagy skálájú mozgások esetén



Vulkáni hamu terjedése a légkörben saját magunk által választott vulkánból



Környezeti elektromágneses zaj és zajszennyezés fizikai háttere



Bevetetés a kvantummechanika világába kísérletek alapján



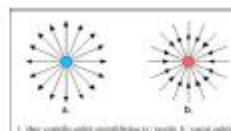
Mozgások számítógépes követése egyszerűen



Lépcsőn pattogó labda



A Duffing-oszcítór kvantum tulajdonságainak vizsgálata Dynamics Solverrel



Centrális erőterbeli mozgások vizsgálata Dynamics Solver programmal (letöltés ZIP)



Tévképzetek ellen: mechanika



Tévképzetek ellen: hidrosztatika



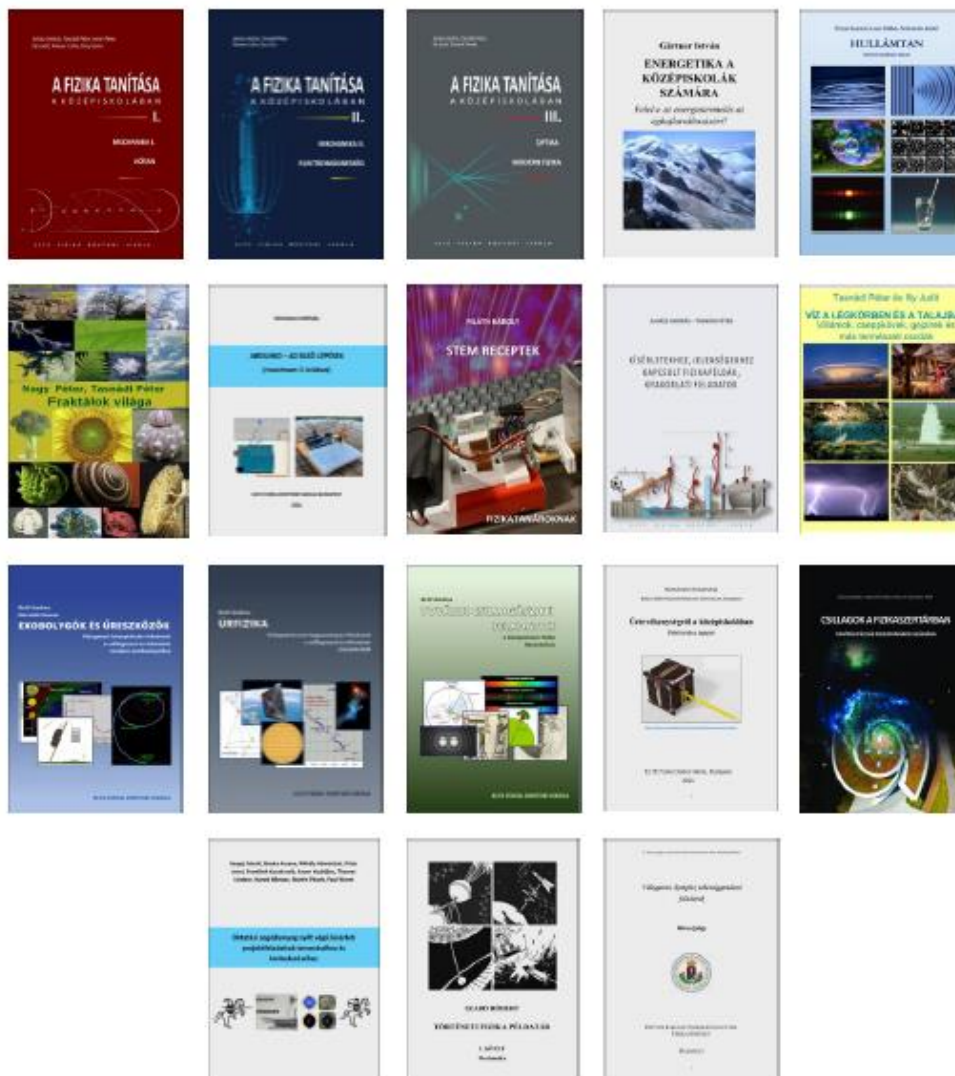
Tévképzetek ellen: optika

Az MTA-ELTE Fizika Tanítása Kutatócsoport (2016 – 2022) által készített kiadványok: oktatási segédanyagok, jegyzetek

Szabadon letölthetők ill. nyomtathatók a

<http://fiztan.phd.elte.hu/kozkins/kiadvanyok/index.html>

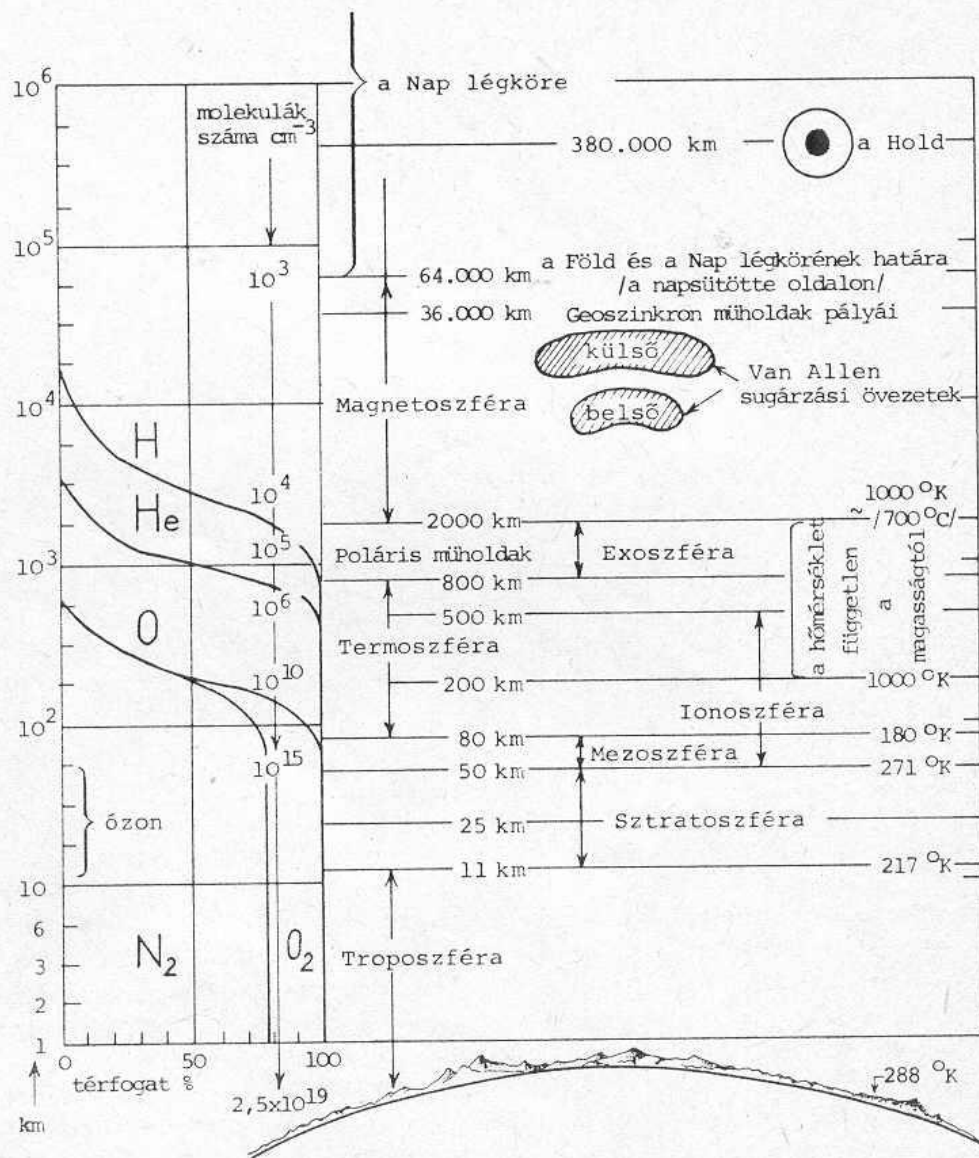
oldalról



Köszönöm a figyelmet



Parameter	Typical value or range
Duration of lightning flash	200–300 ms
Number of return strokes per flash	3–4
Time interval between strokes	40–60 ms
Percentage of flashes with single strokes	20 %
Speed of stepped leaders	3×10^5 m/s
Length of steps of stepped leaders	10–100 m
Time interval between steps of stepped leaders	10–100 μ s
The charge per unit length on the stepped leader (close to ground end)	0.001 C/m
Peak current in first return stroke	30 kA
Rise time of current of first return strokes	5 μ s
Rate of change of current of first return strokes	10–20 kA/ μ s
Charge associated with first return stroke	5 C
Speed of dart leaders	10^7 m/s
Length of dart of dart leader	10–70 m
Charge on dart leader	1 C
Peak current of subsequent strokes	12 kA
Rise time of current of subsequent strokes	0.5 μ s
Rate of change of current of subsequent strokes	50–100 kA/ μ s
Charge associated with subsequent strokes	1 C
Percentage of flashes with continuing currents	30–50 %
Duration of continuing currents	100 ms
Amplitude of continuing currents	100–200 A



5. ábra
A légkör övezetei