



PÁZMÁNY

Pázmány Péter Katolikus Egyetem
Információs Technológiai és Bionikai Kar

A KLÍMA-KÉRDÉST MEGALAPOZÓ FIZIKAI JELENSÉGEK FELDOLGOZÁS A KÖZÉPISKOLÁBAN

2025. Április 2.

Dr. Juhász András

ny. egyetemi docens ELTE

Az közoktatás alapkérdései

KIKNEK? MIT ? MIKOR ? HOGYAN ?

Az eredményesség titka - jó válaszok az alapkérdésekre

A közoktatás rendszerszerűen akkor működik jól,
ha *országosan* egységesen *tervezett és szervezett* ,
de a tanulócsoporthoz szintjén *helyileg optimalizált*

A közoktatásban nem tudományt tanítunk – de a tudomány alapján tanítunk

A fizikatanítás referenciapontja a fizika tudománya, annak működése

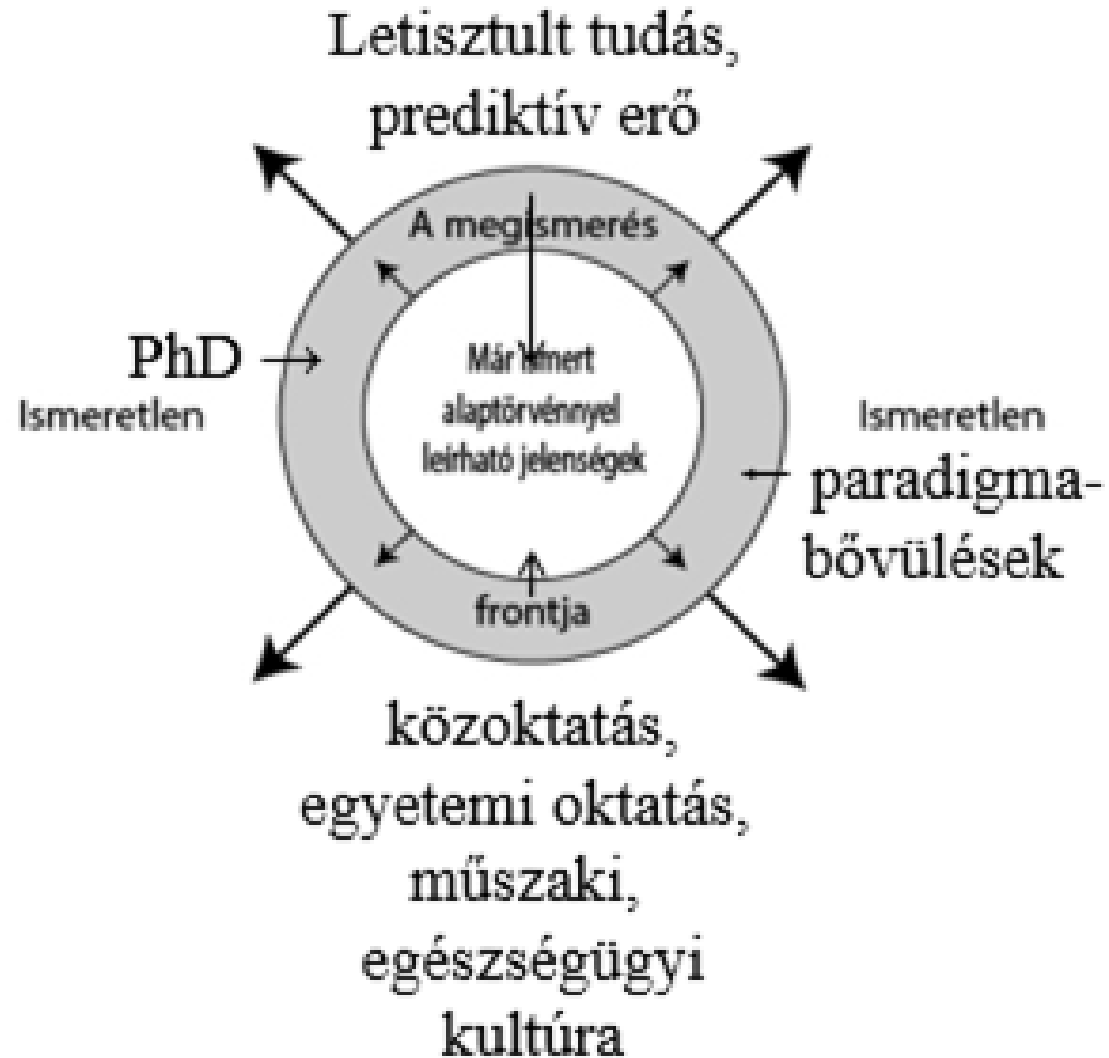
Hogyan működik a fizika (természettudomány)?

Galilei óta:

természettudományos megismerés
végtelenített ciklusa



jelenségek megfigyelése,
fogalmak bevezetése,
kísérletek végzése,
kapcsolatok keresése a fogalmak között,
ahol csak lehet, matematikai kapcsolat,
hipotézisek
a hipotézisek kísérleti
ellenőrzése



A Berkeley Egyetem oldala

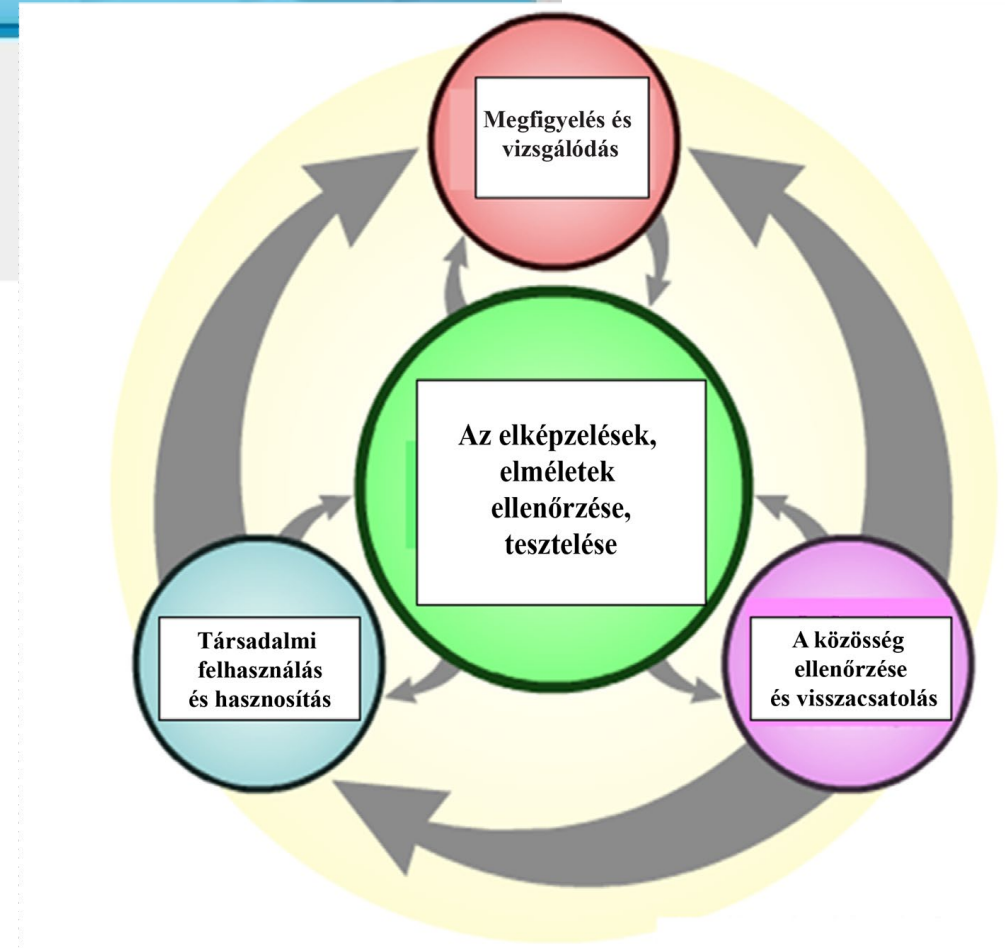


Understanding Science 101 - Understanding Science

Inspiráló példák történetek

pl. Ignaz Semmelweis

Galilei a modern tudomány megalapítója
(Biróné Kabály Enikő)



A természettudomány jellemzői („science checklist”)

- a létező természettel foglalkozik,
- célja az ebben lezajló jelenségek magyarázata,
- ellenőrizhető, tesztelhető elképzeléseket használ,
- tapasztalati, kísérleti tényeken nyugszik,
- a kutatók közösségébe ágyazottan történik,
- egyre újabb és újabb kérdéseket vet fel, új felfedezésekre vezet (a kutatás folyamatos),
- a természettudományos kutatói hozzáálláson alapul.

Amit *nem* tesz a természettudomány:

- nem hoz erkölcsi ítéletet,
- nem hoz esztétikai ítéletet,
- nem mond semmit arról, hogyan használandó fel a tudás,
- nem foglalkozik természetfölötti jelenségekkel.

Mi teszi a természettudományt természettudománnyá?



A természettudományos hozzáállás: mindenkit szívesen látunk, aki készen áll arra, hogy gondolatait állandó tesztelésnek, a tényekkel való összevetésnek tegye ki.

https://undsci.berkeley.edu/article/0_0_0/whatisscience_09

A klíma –változás a kutatás élvonalába tartozó, a széles társadalmi rétegeket foglalkoztató, de még lezáratlan kérdés

Tematikus egységként tanításra még nem alkalmas - de motiválásként inspiráló

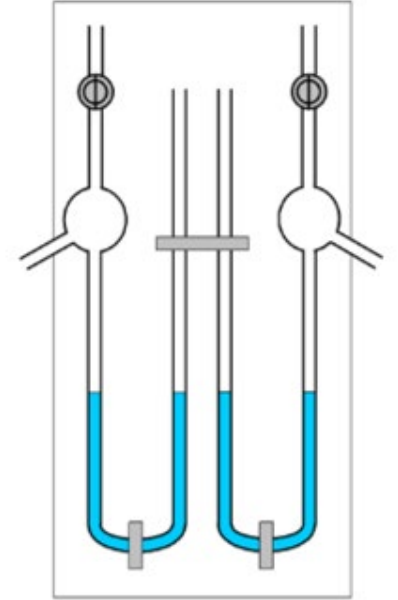
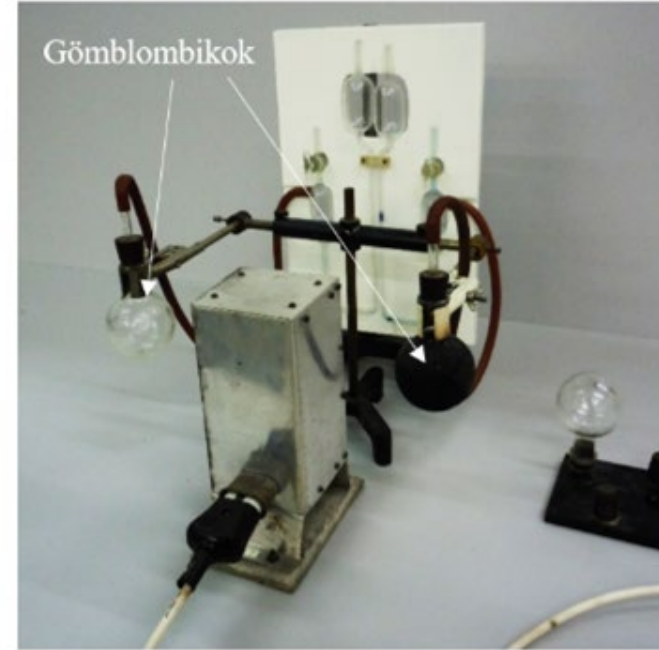
Érdeklődők számára felsőbb osztályokban vezetéssel fakultatív projekt-munkaként feldolgozható

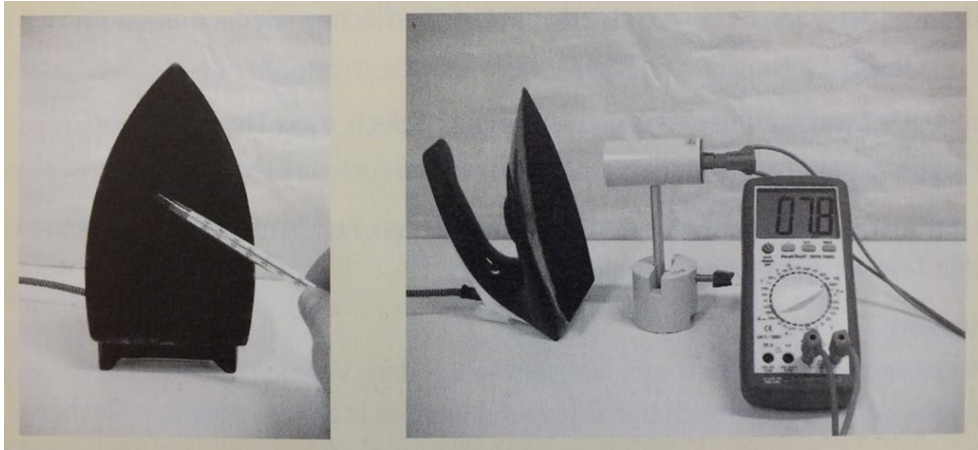
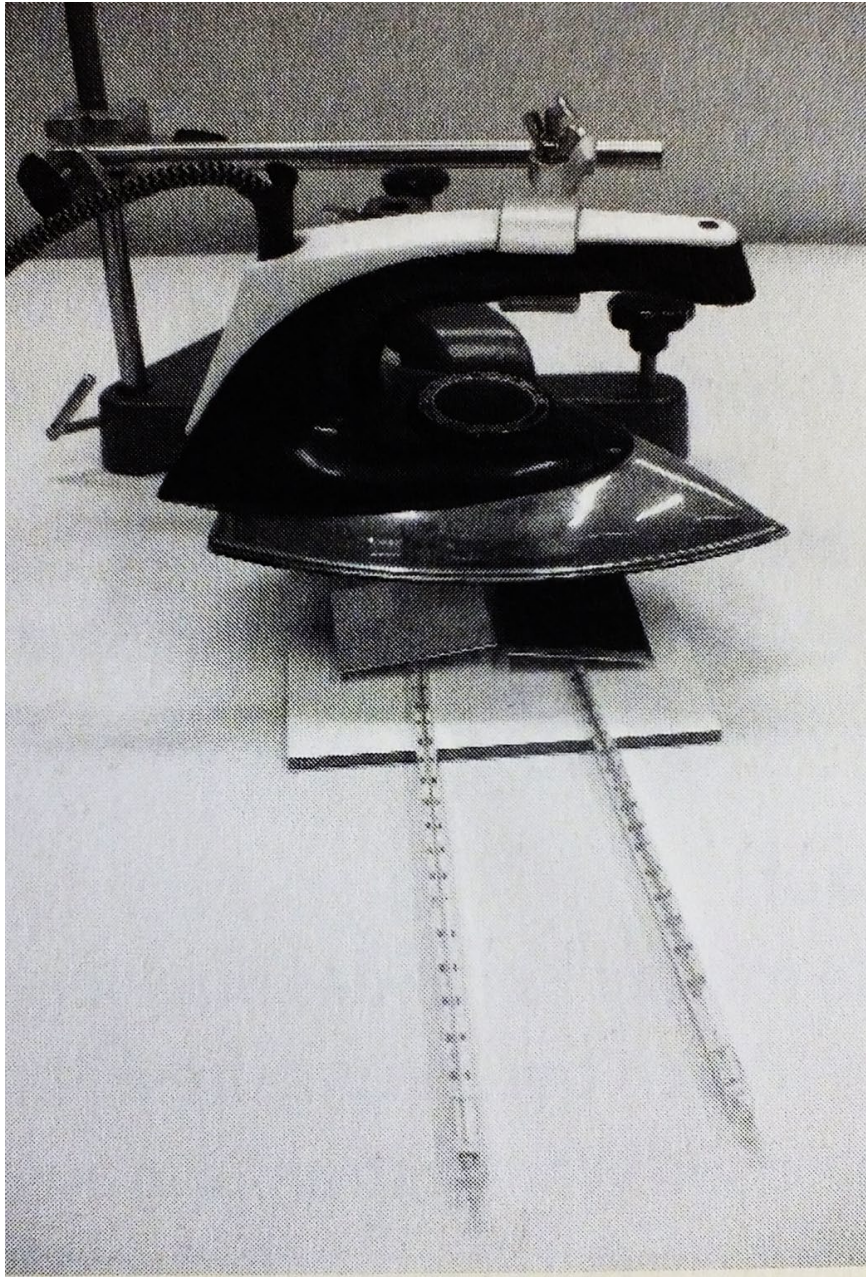
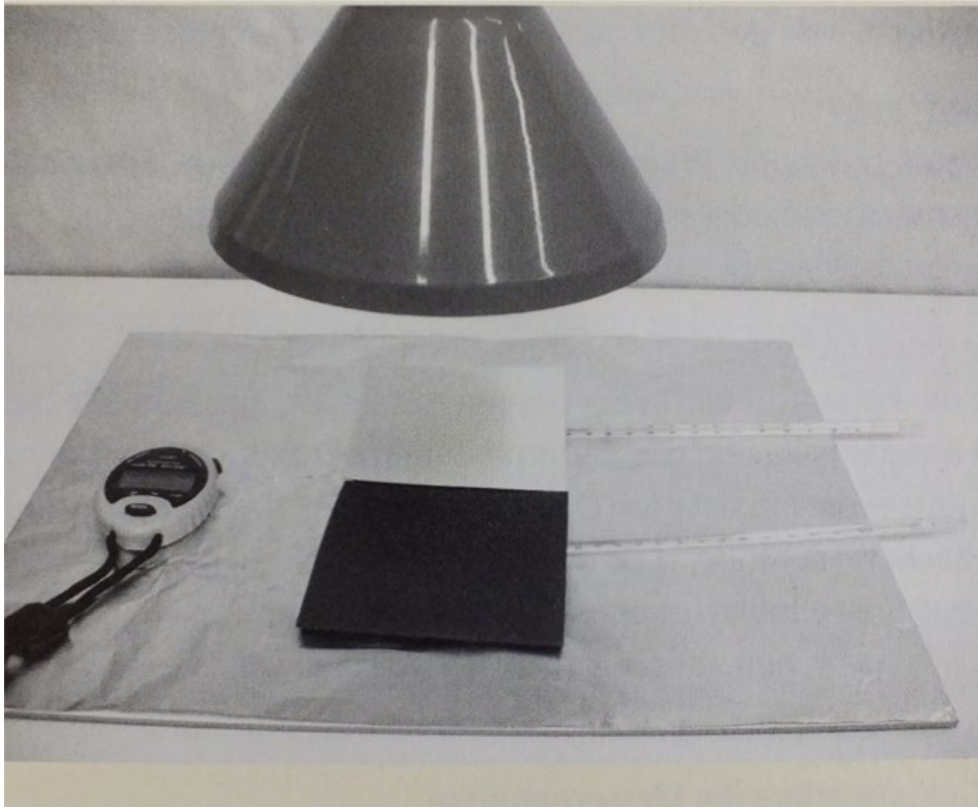
A klíma-jelenségek fizikai alapjai részletekben taníthatók, a jelenségek kísérletként tárgyalhatók

- **A hőmérsékleti sugárzás kísérleti vizsgálata, Stefan – Boltzmann törvény**
- **A napenergia sugárzása a földre – napállandó meghatározása**
- **A termikus egyensúly fogalma, a föld átlaghőmérsékletének meghatározása**
- **A földi légkör összetételének és légköri folyamatok hatása a föld éghajlatára**
- **Az üvegházhatás jelenségének demonstrációs vizsgálata**
- **A napsugárzás energetikai hasznosítása napelemekkel**
- **A klíma-kérdéshez kapcsolódó kémiai, földrajzi ismeretek összekapcsolhatók a fizikai tárgyalással**

Hőszugárzás – hőelnyelés egyszerű demonstrációs kísérletek, eszközök

<http://demlabor.elte.hu/616-kiserletek-a-hosugarzasra-es-a-hoelnyelesre>



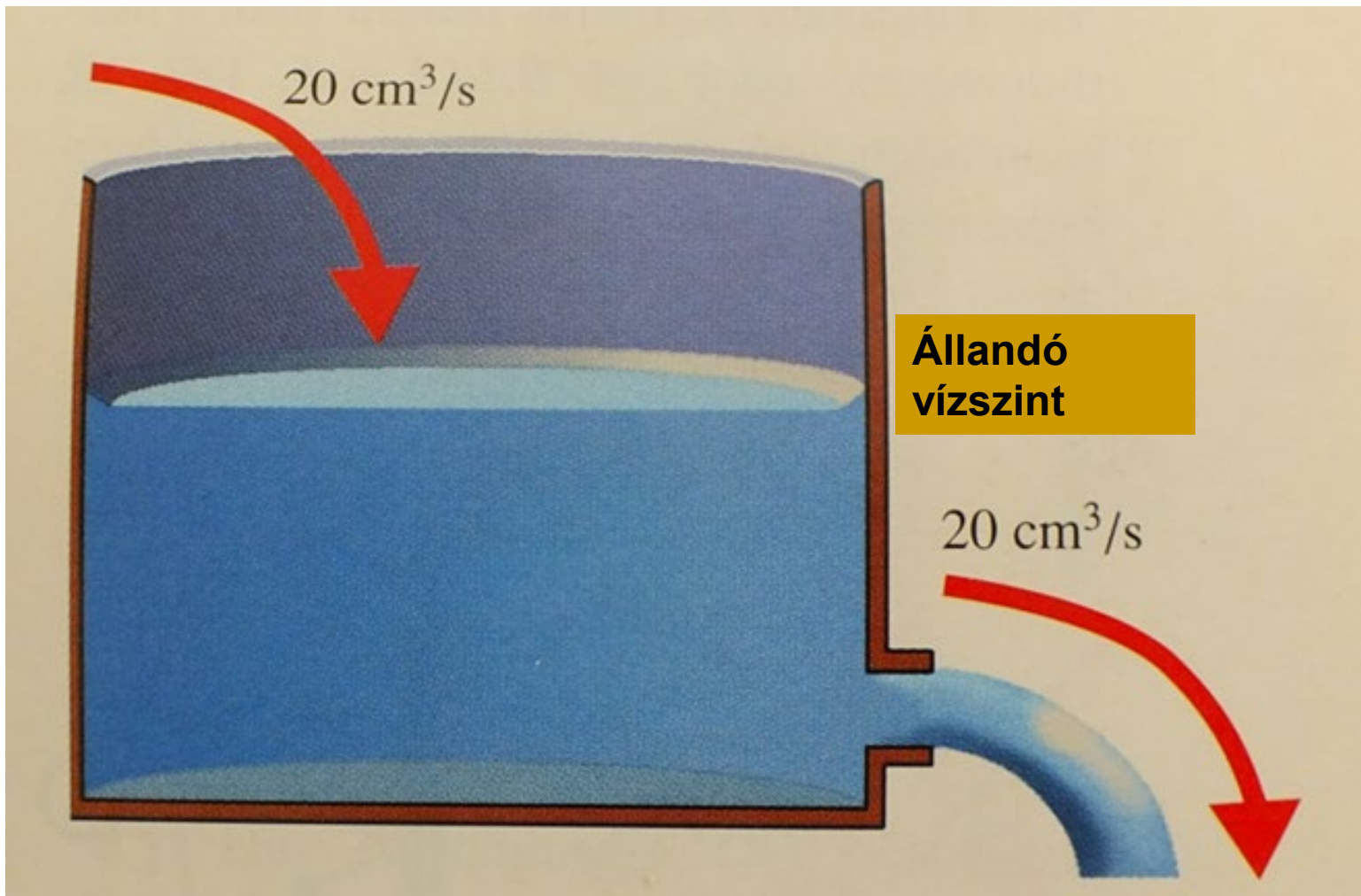


Víztartály egyensúlya :

a vízszint magassága állandó

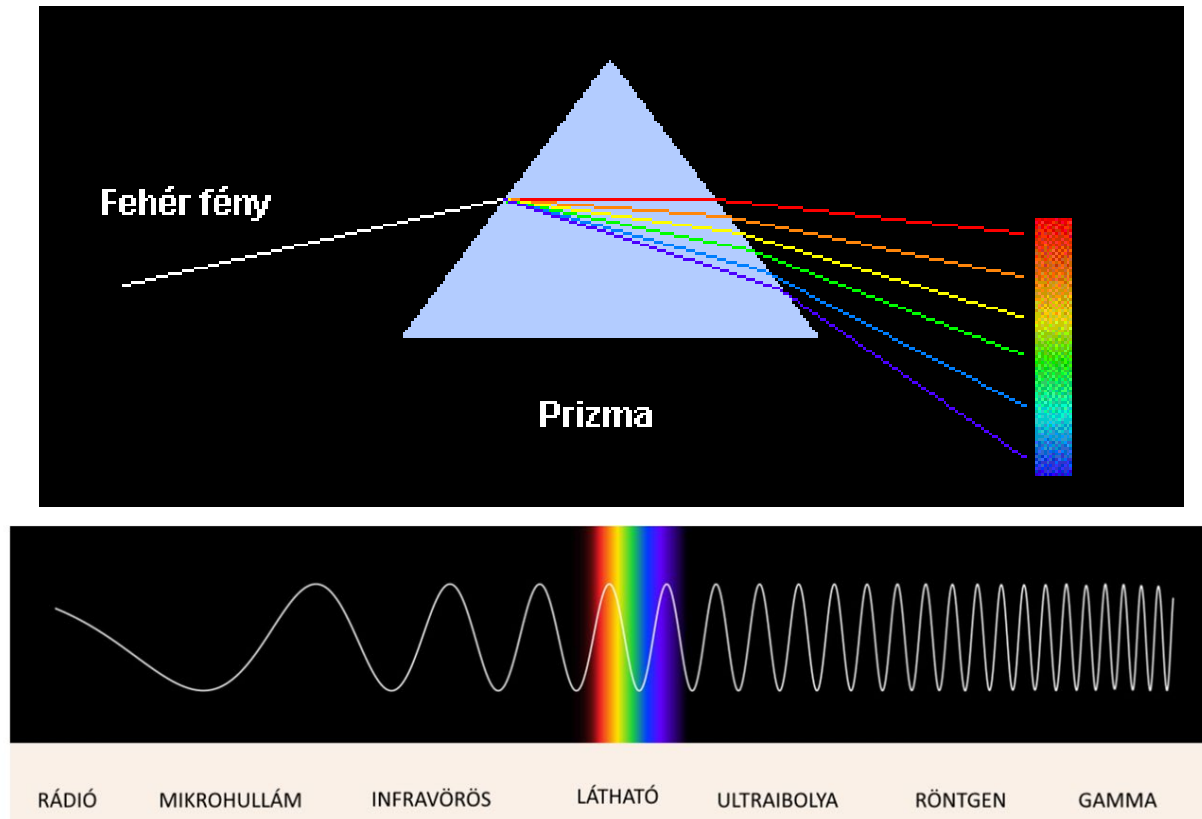
mennyisége

befolyó víz mennyisége = kifolyó víz

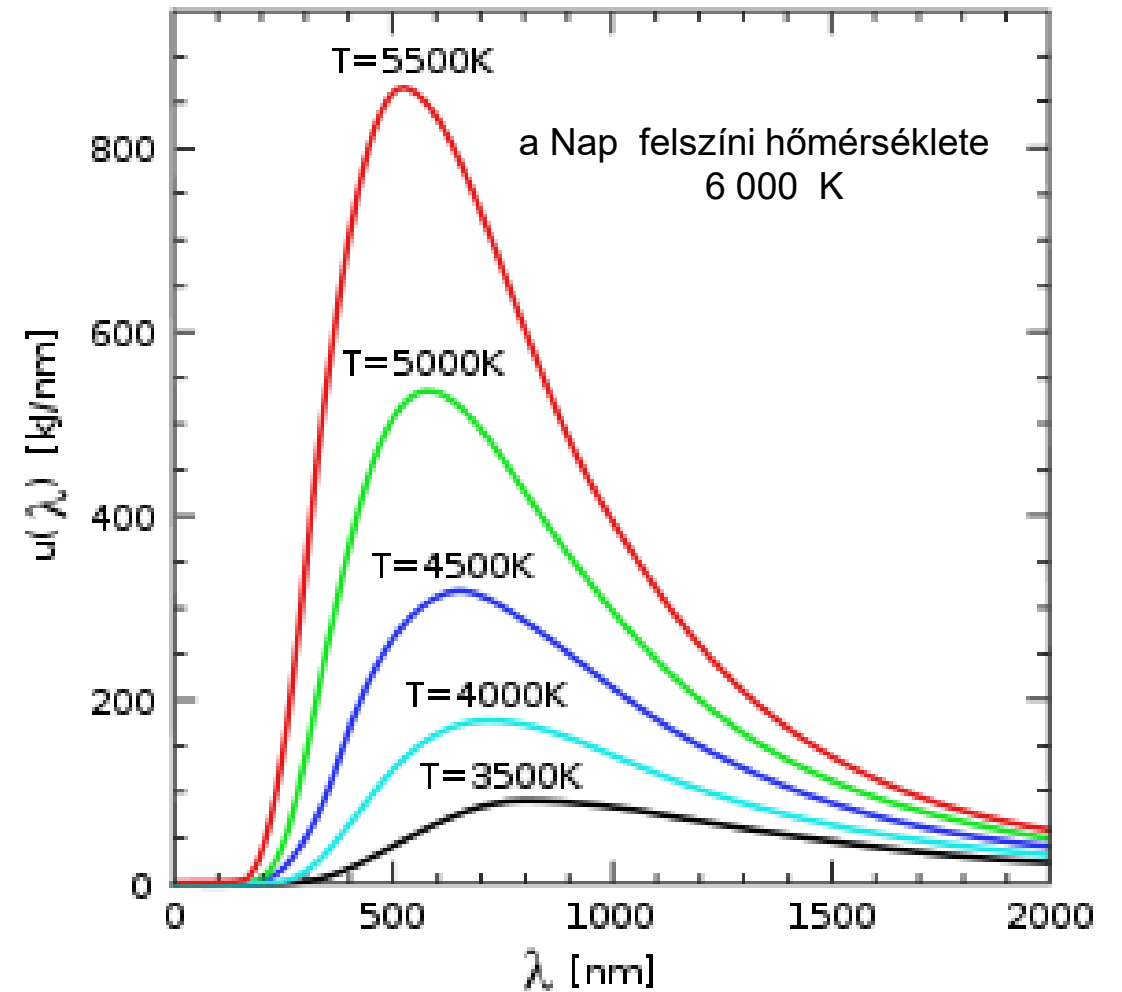


A Nap hőmérsékleti sugárzásának elektromágneses spektruma

Látható fénytartomány spektruma



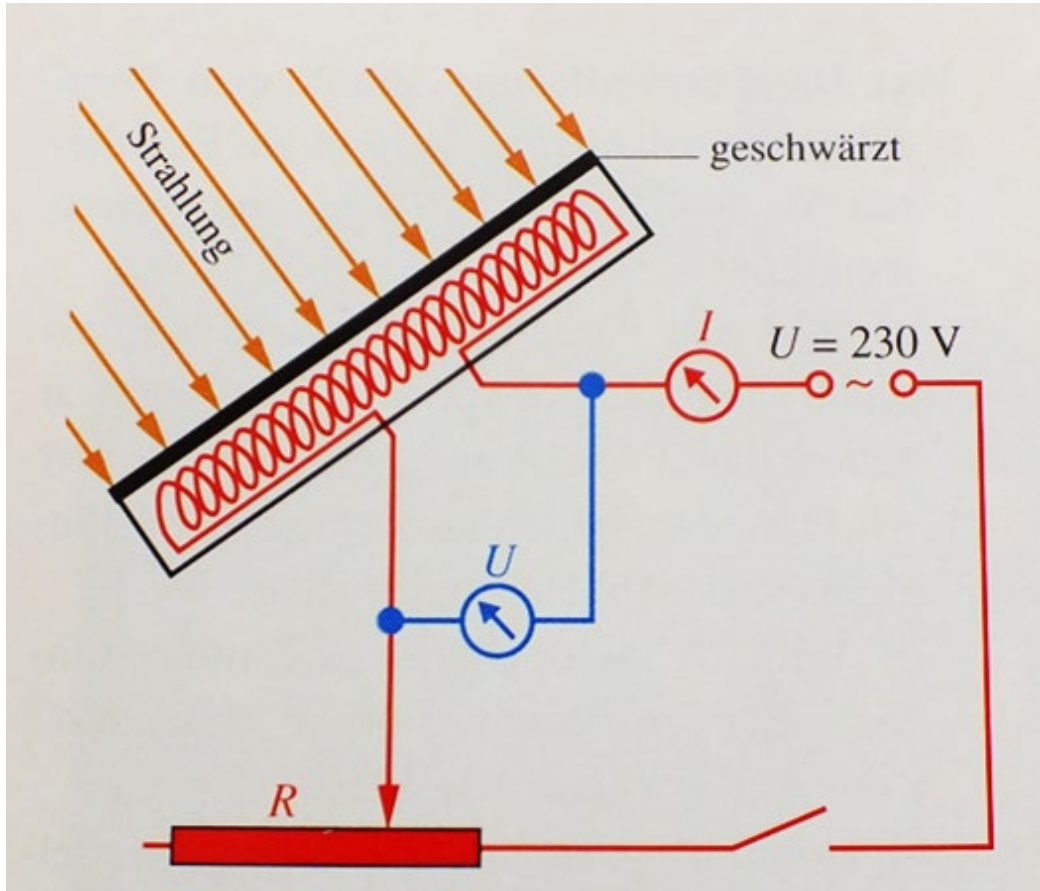
(National Geographic)



A napsugárzás melegít

Mennyi energiát kapunk a folytonos napsugárzásból ?

$$E \sim A t \quad E = \sigma A t \quad S = E/At \quad W/m^2s$$



A napsugárzás teljesítménysűrűsége „napállandó” meghatározása

$$P_{\text{sug}} = UI$$

$$P_{\text{sug}} = SA = UI$$

„A napállandó” átlagértéke a földünk felszínén

$$S \approx 1 \text{ kW/m}^2$$

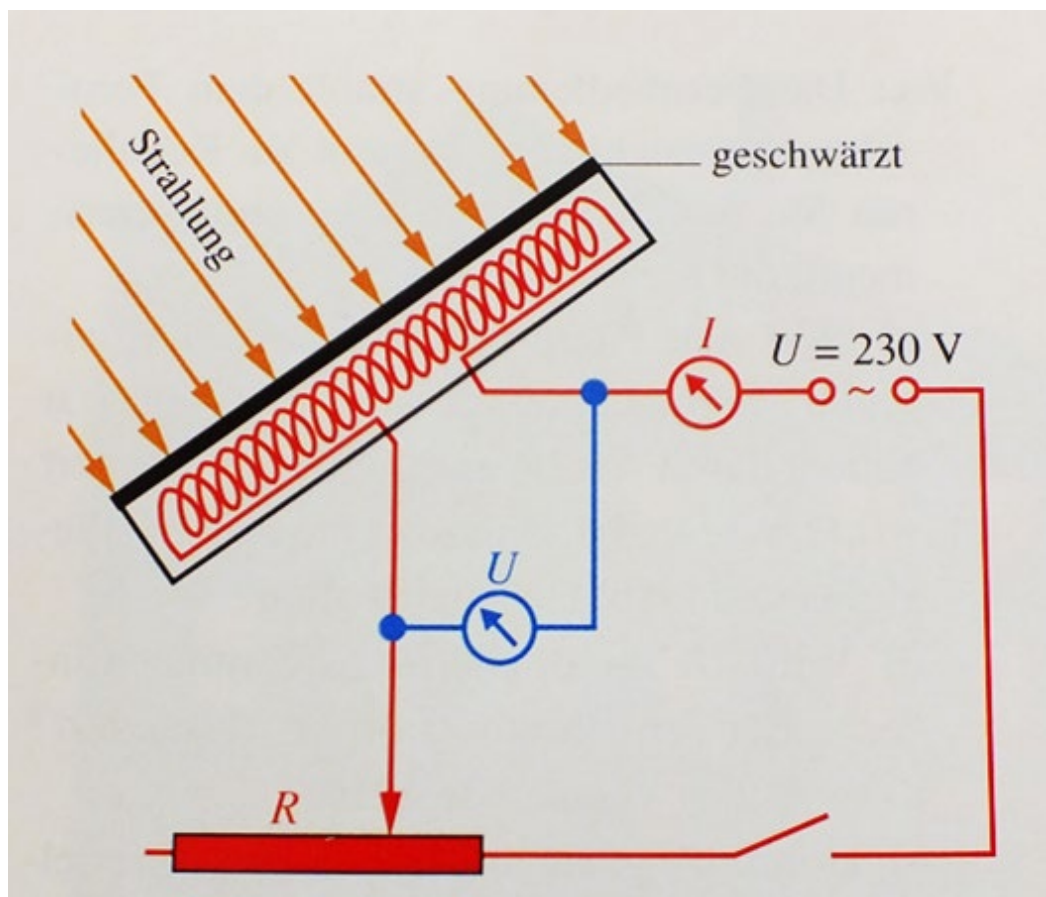
Napállandó a földi légkör felső határán

$$S_0 \approx 1,36 \text{ kW/m}^2$$

Stefan- Boltzmann törvény

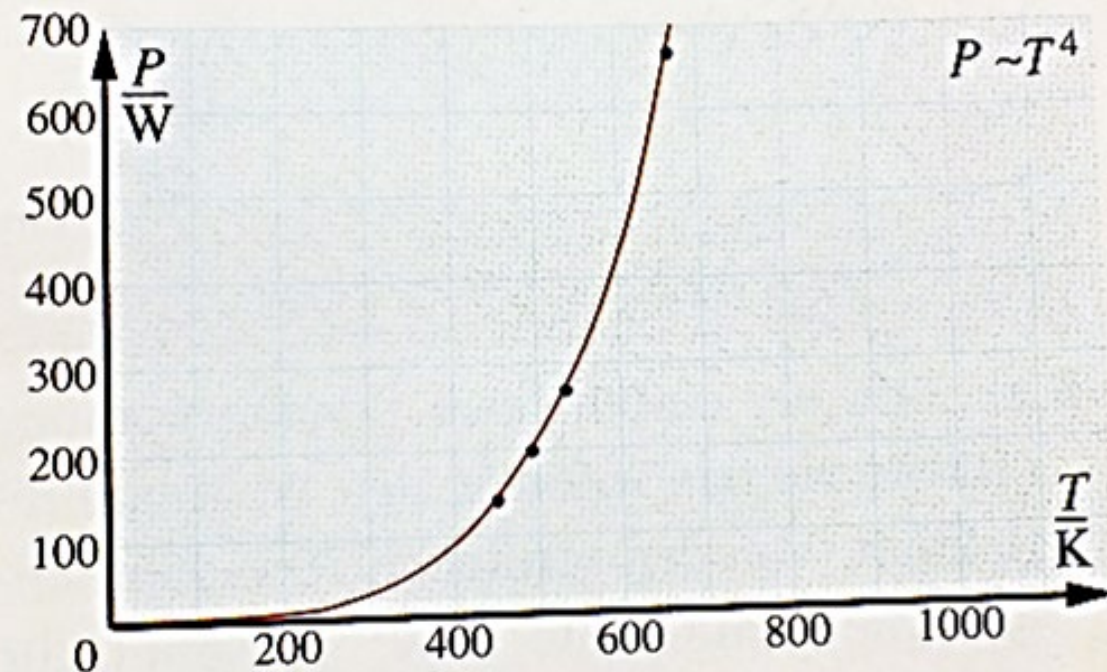
$$E(T) = \sigma T^4$$

Stefan- Boltzmann állandó $\sigma = 5.57 * 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ K}^{-4}$



P in W	141	200	270	670
T in K	453	493	532	664
$10^9 \cdot P/T^4$ in W/K ⁴	3,35	3,39	3,37	3,45

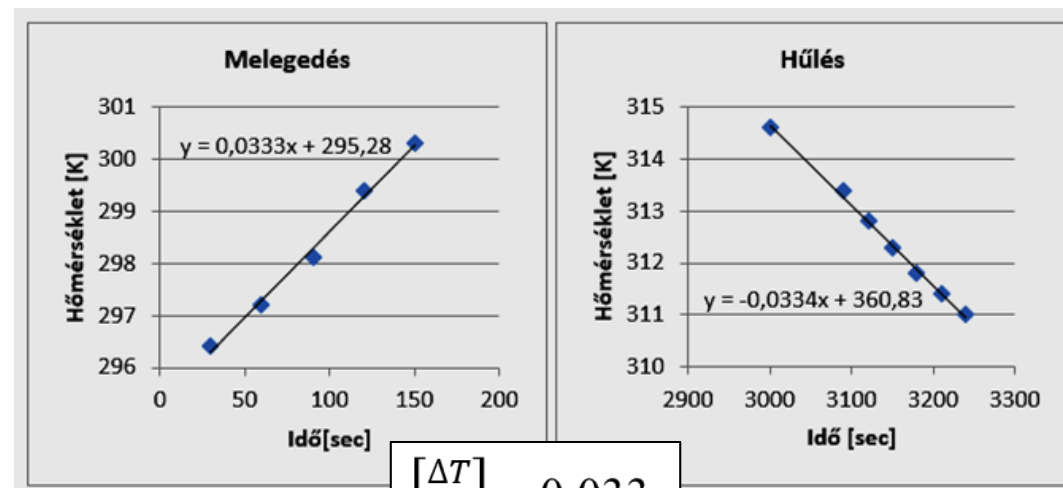
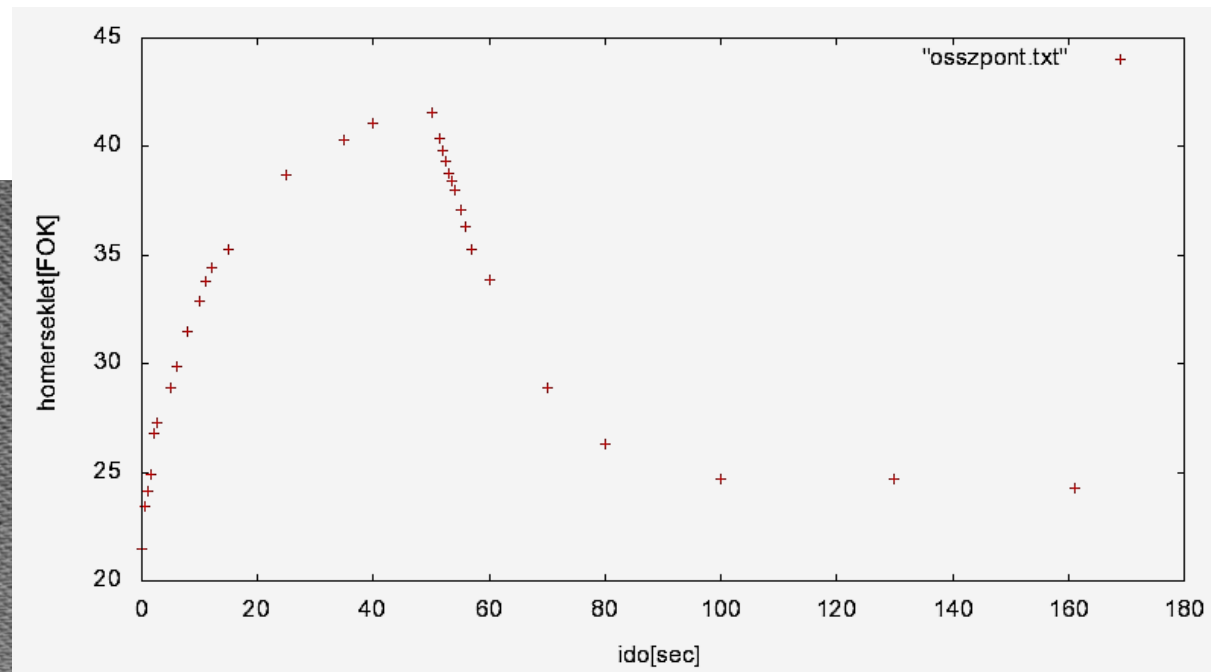
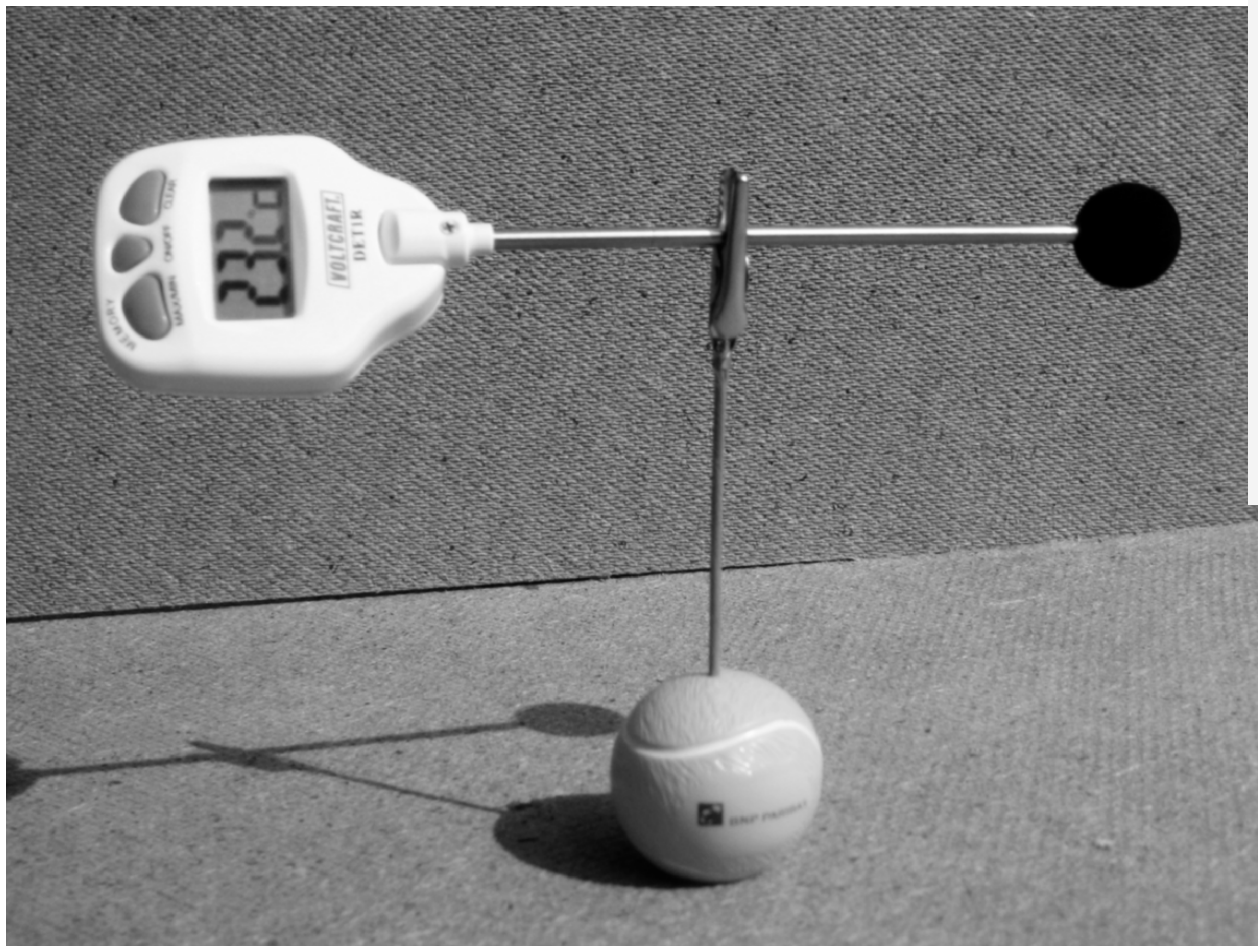
T 1: Die Messergebnisse bestätigen Gl. 1



B 2: Das Diagramm zeigt: $P \sim T^4$

Egyszerű iskolai mérések , számítások

Kormozott fémgolyó melegedése és hűlése



$$\left[\frac{\Delta T}{\Delta t} \right] = 0,033$$

A mérés értelmezése, a napállandó értékének meghatározása

A mérés indításakor a kormozott golyó termikus egyensúlyban volt. Ez az egyensúly bomlott meg, amikor az árnyékolást megszüntetve a közvetlen napsugárzás hatására a golyó melegedni kezdett. Az első percekben a hőfelvétel a meghatározó, a melegedési görbe kezdeti lineáris szakaszának meredekségéből:

$$S^* = \frac{mc}{A} \left[\frac{\Delta T}{\Delta t} \right]$$

a golyó tömege, $m = 0.057 \text{ kg}$,

fajhője(Al) $c = 900 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$,

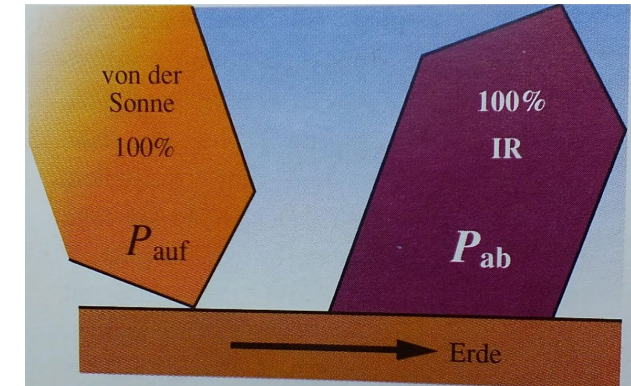
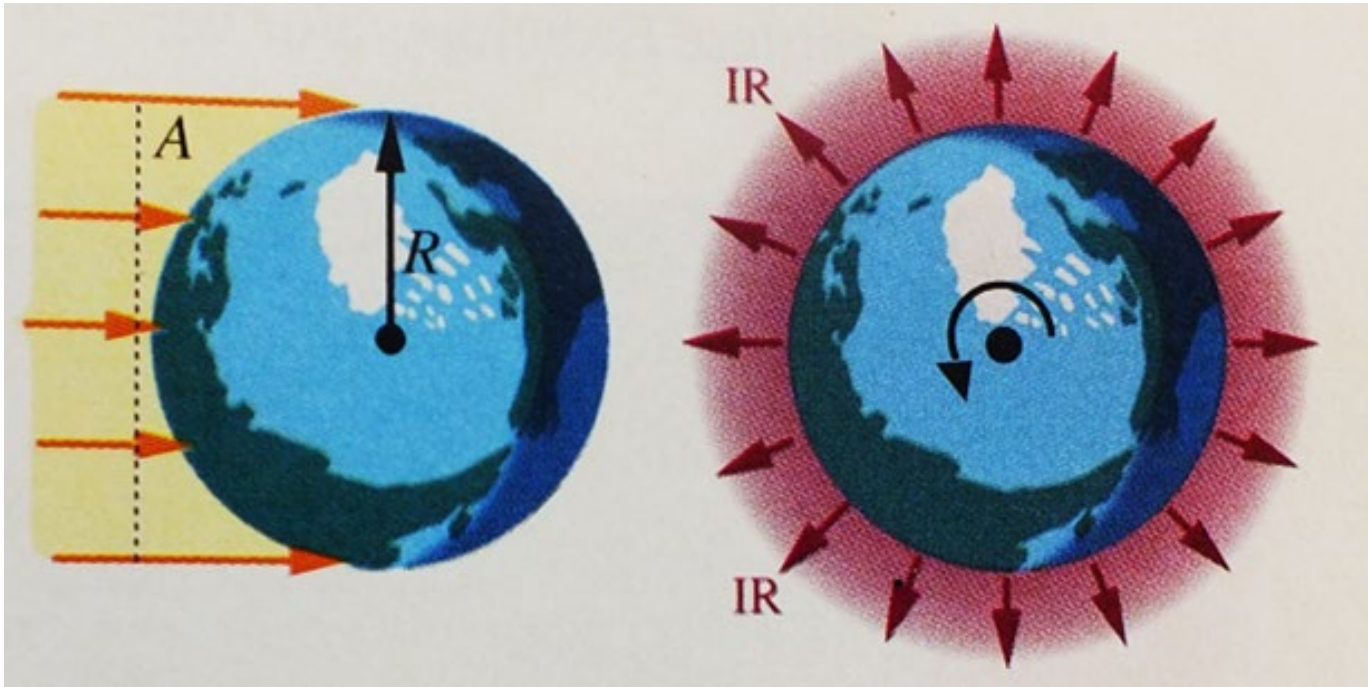
a besugárzott, $A = 0.0019 \text{ m}^2$.

$$S^* = \frac{900 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} \cdot 0.057 \text{ kg} \cdot 0.033 \text{ K/sec}}{0.0019 \text{ m}^2} = 891 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

A föld egyensúlyi hőmérsékletének becslése a légköri hatások figyelembevétele nélkül

Energia-egyensúly:

a Nap Földre sugárzott energiáját a Föld hősgárással leadja



$$S A = 4A \cdot \sigma T^4$$

$$T = \sqrt[4]{\frac{S}{4\sigma}} \approx 278K = 5^{\circ}C$$

A Föld légköre megváltoztatja a Föld energiamérlegét (átlaghőmérsékletét)

Az energia-egyensúly finomítása a légkör figyelembevételével



a Föld a Nap fényének jelentős részét ($\approx 0.25 S_e$) visszaveri

NASA-felvétel a

Földünkről –

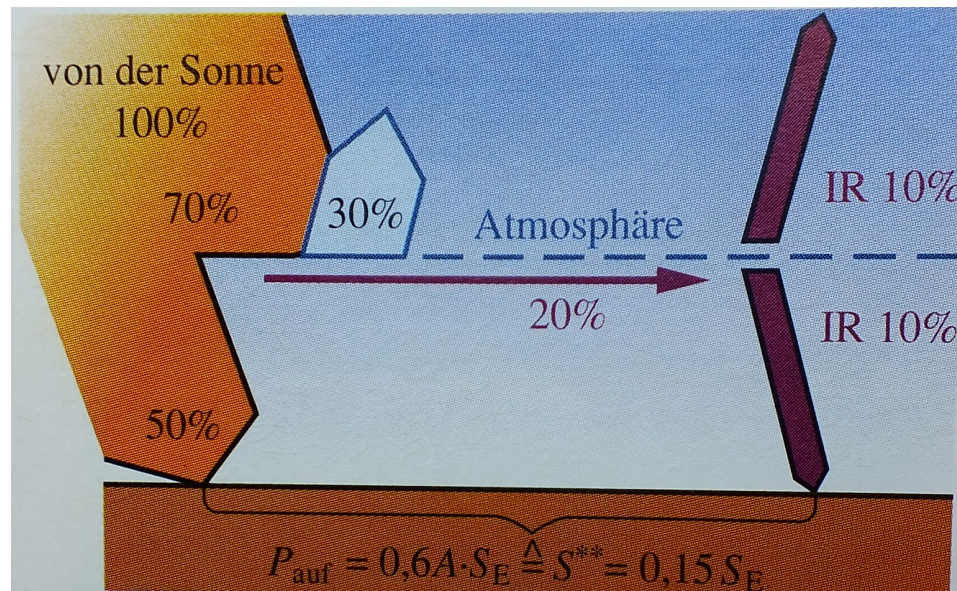
- A légkör határán a napsugárzás 30 %-a visszaverődik az űrbe
- A Nap irányított infra sugárzásának egy részét (kb.2.0%) a légkör elnyeli és újra kisugározza „szétszórja”

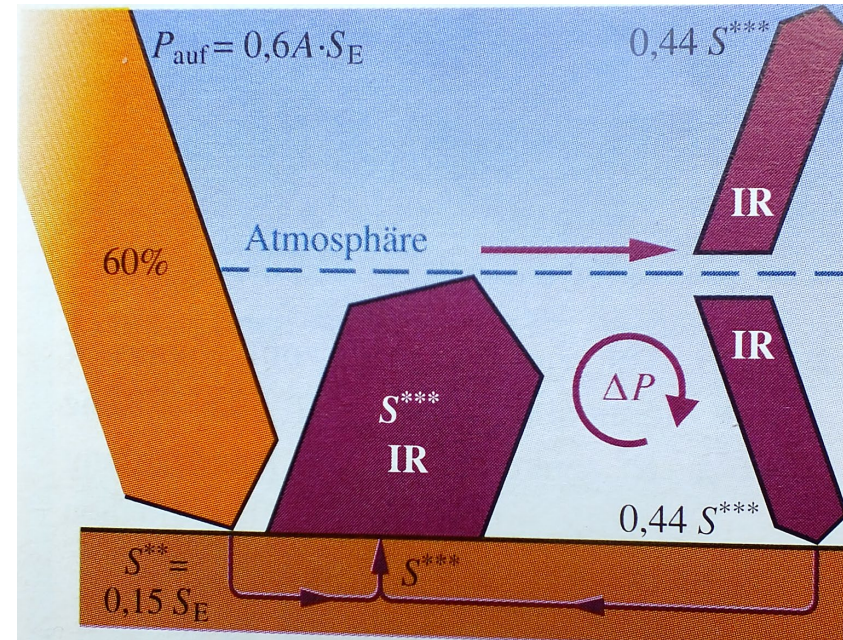
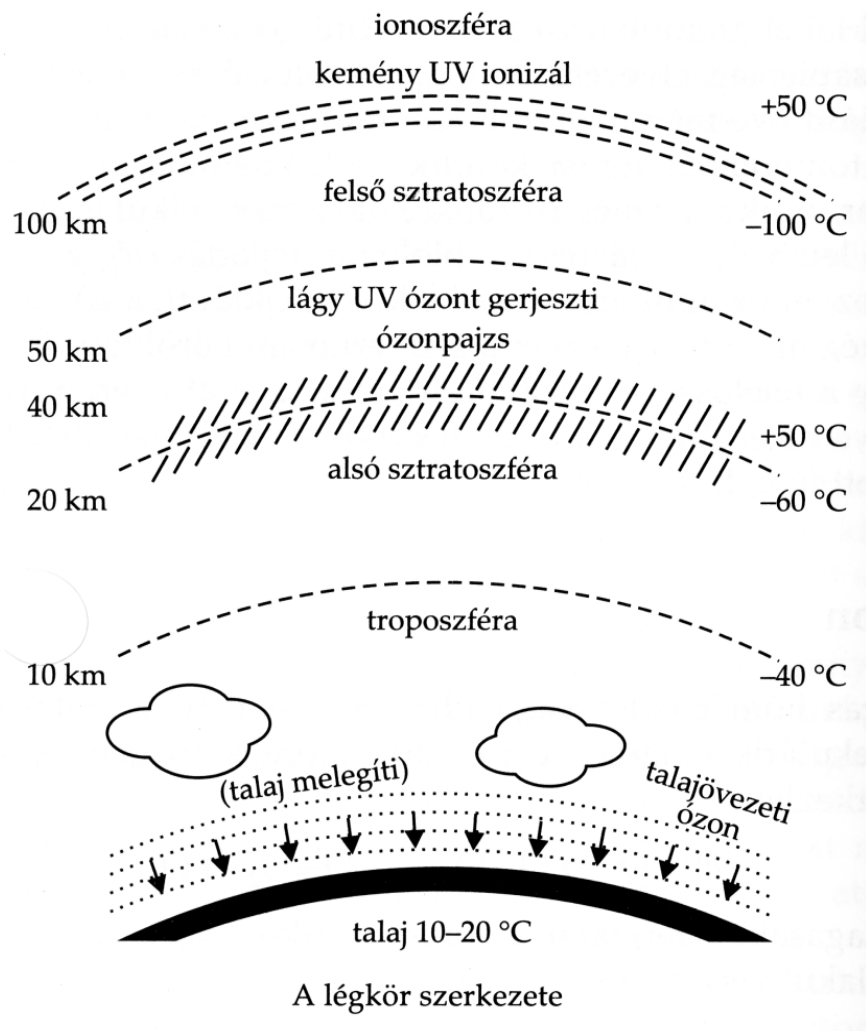
$$S_* \cdot A = 4A \cdot \sigma T^4$$

$$S_* = (1 - 0,4)S_0$$

$$S_* \cdot A = 0,6S_0A = 4A \cdot \sigma T^4$$

$$T = \sqrt[4]{\frac{S}{4\sigma}} \approx 245K = -28^{\circ}C$$





A sugárzási egyensúlyt két szinten vizsgáljuk:

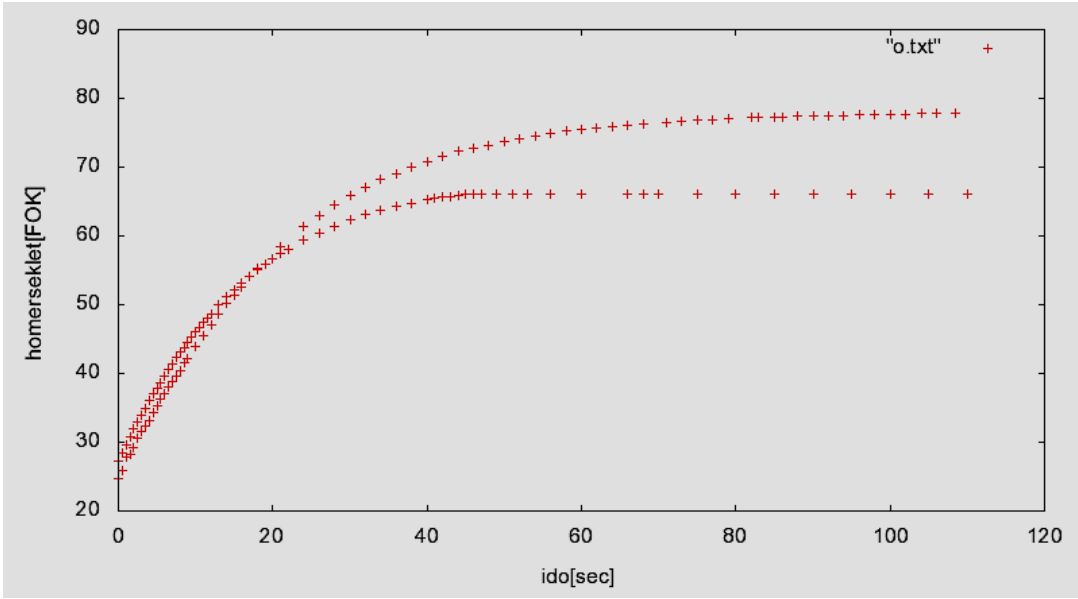
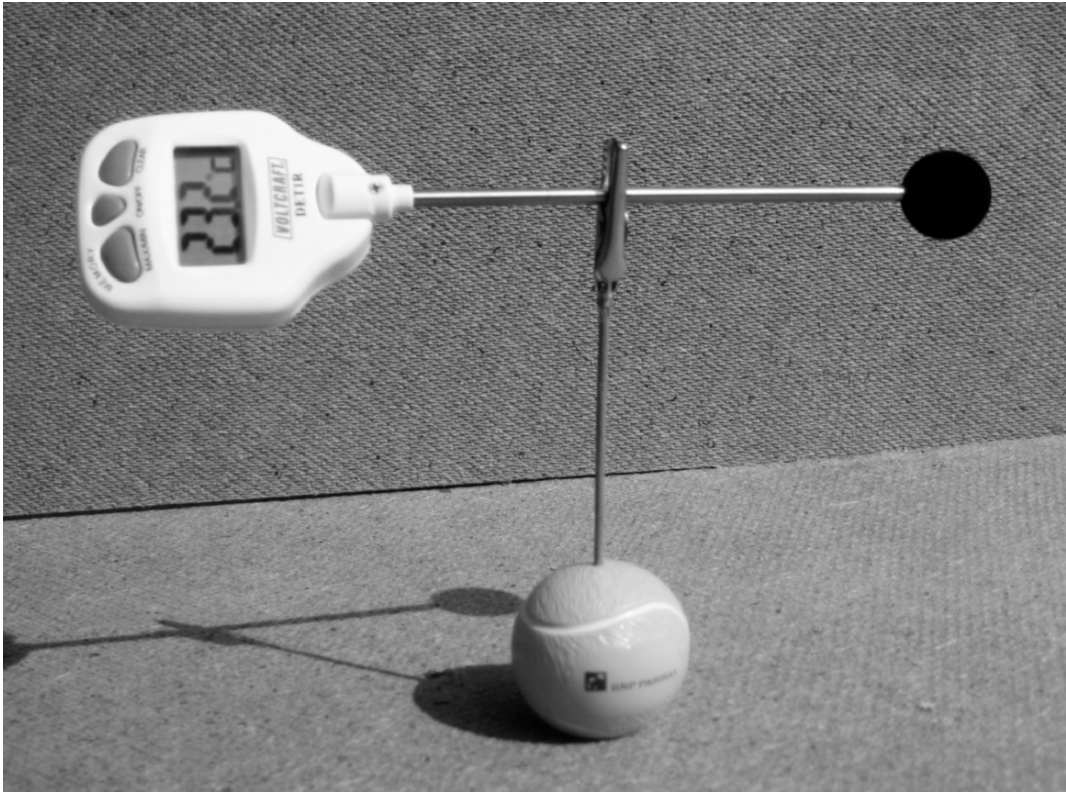
a Föld felszínén

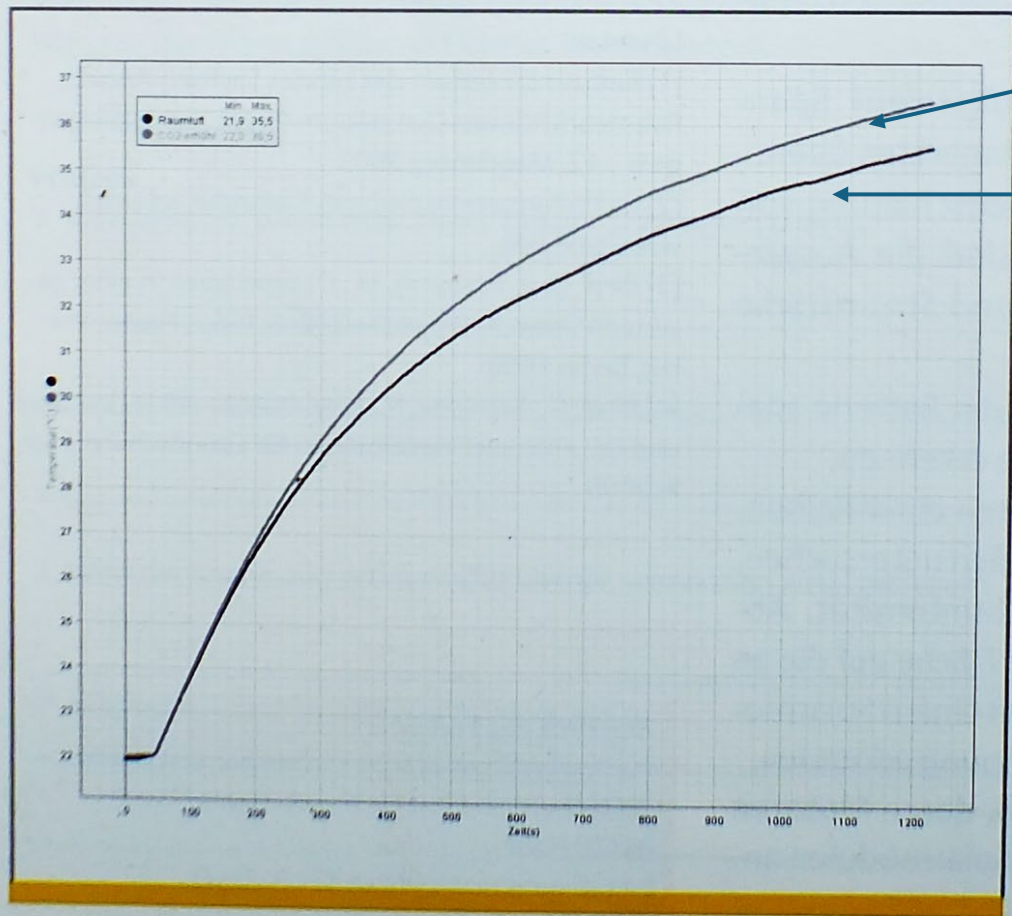
$$A \cdot 0,6 \cdot S_0 + 4A \cdot \sigma_{IR} T_A^4 - 4A \cdot \sigma_{IR} T_T^4 = 0$$

a légkörben

$$4A \cdot \sigma_{IR} T_T^4 - 2 \cdot 4A \cdot \sigma_{IR} T_A^4 = 0$$

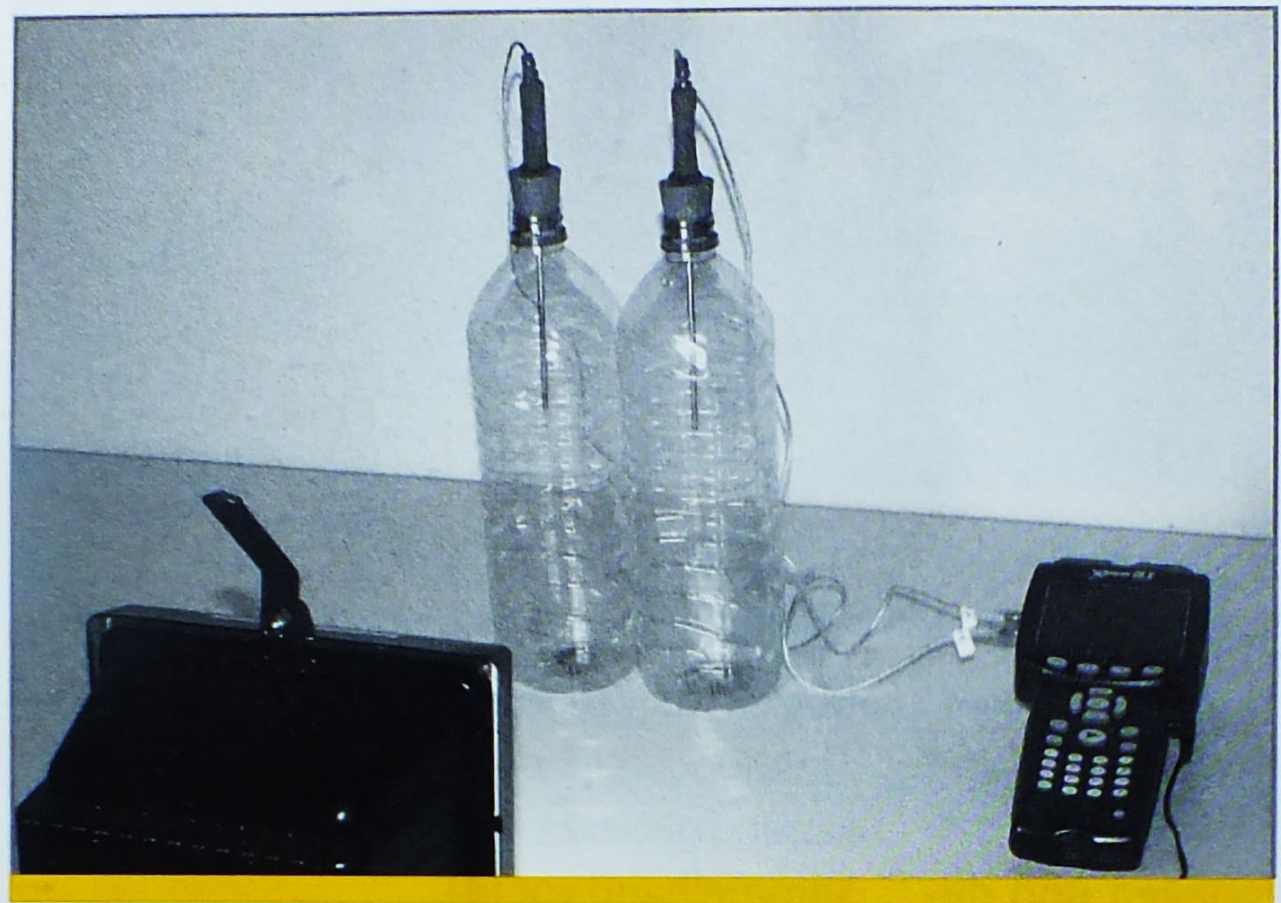
Az egyenletrendszer megoldásával $T_A \approx 10^\circ\text{C}$



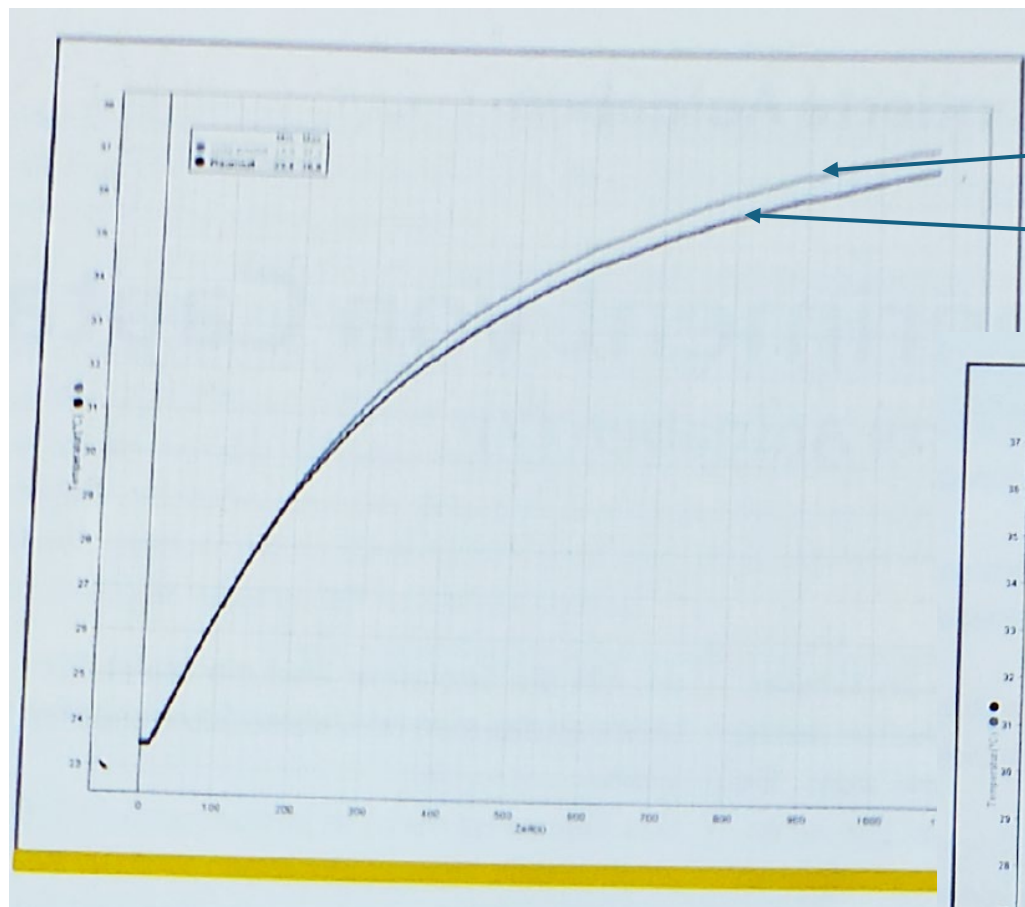


CO₂ tartalmú levegő

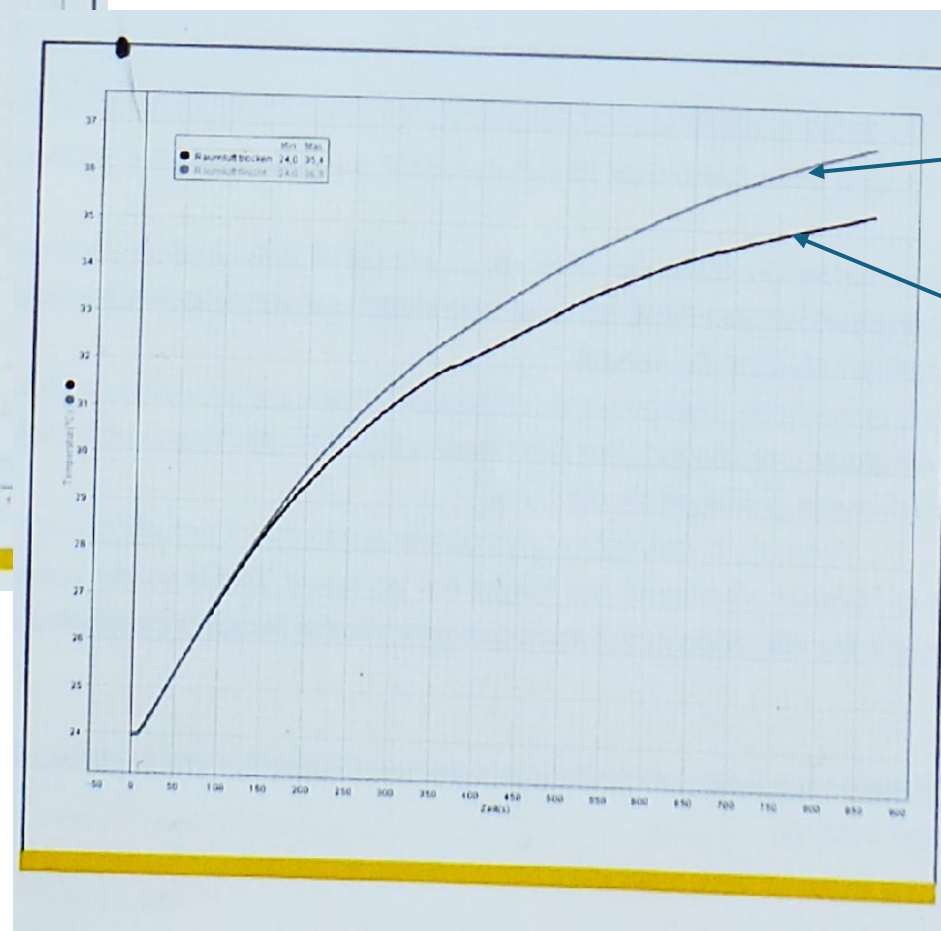
Léghöri levegő



Praxis der Naturwissenschaften, 2010.
Marz.,



Levegő és CO_2
elegye
Levegő kevés vízgőzzel



Levegő telített vízgőzzel

Levegő kevés
vígőzzel

Forrásmunkák

Marx Györg: *Gyorsuló idő*, Typotex, Bp. 2004.

Christian Pfister –Heinz Wanner: *Klima és társadalom Európában – Az utolsó ezer év* , Oiris Kiadó, Bp. 1914.

Tél Tamás, *Milyen tudomány a fizika ? – Amit minden középiskolásnak tudni kellene*, Természet Világa melléklete , 2012. december

Szarka László Csaba, *A jelenkori felmelegedés lehetséges hatótényezőiről*, Magyar Tudomány, 185 (2024) 2, 244–259

C. Kirchenbauer, H wiesner, *Treibhauseffekt in der Wasserflasche*, Praxis der Naturwissenschaften, 2010. Marz.,

Győrfi Anita, szakdolgozat 2015. (ELTE, TTK) JA

Dorn-Bader Physik 11. Gymnasium Sek.11. (tankönyv) 2000.Schroedel Verlag GmbH, Hannover

**Köszönöm a
figyelmet!**