

A Nap.

Átlagos csillag, sőt a törpék közé tartozik.

Tömege: 2×10^{30} kg, ami azt jelenti, hogy kb. 333 ezerszer nagyobb a Föld tömegénél. Átmérője: 1,4 millió kilométer, ez pedig 110-szeres földátmérőnek felel meg, egyenlítői sugara 692 000 kilométer. Átlagsűrűsége: $1,41 \text{ g/cm}^3$, ami nem sokkal haladja meg a víz sűrűségét. Plazma halmazállapotú. A központi hőmérséklete kb. 15 millió K, a felszíni 5800 K. A felszíni gravitációs gyorsulás a földinek kb. 30-szorosa. (Tehát egy földi ember a saját súlyának a harmincszorosát kellene elviselnie, amely elviselhetetlen.) Ez jól jelzi az óriási tömegét. Színképtípusa: G2V – erről későbbiekben bőven lesz szó. A V a római ötös számot jelenti.

Kezdjük a legutóbbival. A csillagokat színképosztályokba sorolták. A G2, azt jelenti, hogy sárga törpecsillag, melynek *luminositása* – a teljes felületén időegység alatt áthaladó energiamennyiség – nem kiemelkedő értékű. A Nap teljesítménye: $3,8 \times 10^{23}$ kW. Tehát minden másodpercben $3,8 \times 10^{23}$ kJ energiát sugároz ki. A Föld 150 millió kilométeres távolságban kering. Az ebben a távolságban a sugárzásra merőlegesen elhelyezett 1 négyzetméteres felületre 1370 Watt teljesítményű energia érkezik. (Milyen jó lenne ezt hasznosítani. Így minden energiaprobléma megoldódna.)

Azt szokták mondani, hogy a csillagok izzó gázgömbök. Ez csak részben igaz. Ti. valamennyit a *plazmaállapot* (az anyag negyedik halmazállapota) jellemzi. Az anyag szerkezete alapvetően megváltozik. Az *atomok hagyományos szerkezete felbomlik, atommagok és elektronok halmazát fogja tartalmazni. Tehát elektromos mező lesz jelen. Ha pedig mozognak a töltések, akkor – az indukció miatt – mágneses mező is létrejön. A gázokban pedig ez nem valósul meg.*

A Nap forog a tengelye körül. De nem merev testként végzi ezt. Az egyenlítői területek 25 nap alatt, a sarki részek pedig ennél hosszabb idő során tesznek meg egy fordulatot. Ezt *differentiális rotációnak* nevezzük.

A Nap átmérőjéről már szó volt. Ez nem egy határozott felület. Mi – szabad szemmel – a *fotoszférát* látjuk. Innen érkezik a látható fénysugárzás 90%-a. Ez a légköri réteg kb. 400 kilométer vastagságú. Amikor a felszínét említjük, akkor ezt értjük alatta, ami nem egy geometriailag határozott felületet jelent.

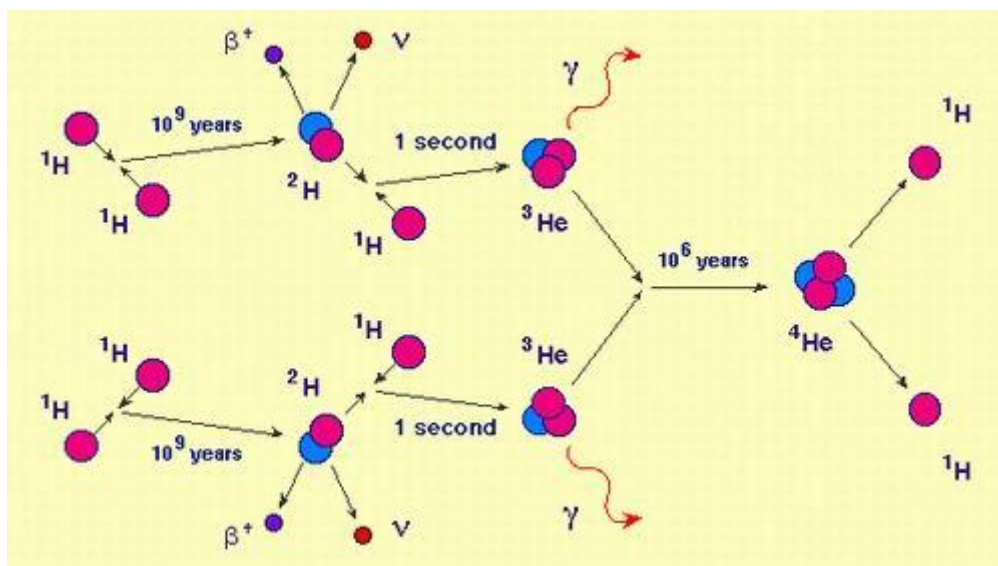
A Nap életkora kb. 5 milliárd év. Nélküle nem jött volna létre a földi élet. De *honnan származik az energiája?*

Már az ókor emberét is foglalkoztatta ez a kérdés. Görögországban úgy gondolták, hogy *egy izzó kőgolyó*. Az ipari forradalom idején a *szén elége*sége volt a magyarázat. Ezért olvashatjuk Az ember tragédiájában, hogy négy ezredév után a nap kihűl. A XIX. században olyan elképzelés is született, amely a Nap, mint *gázgömb, folyamatos összehúzódása* révén

próbálta megmagyarázni az energia termelését. A geológiai kutatások rámutattak arra, hogy a földi kőzetek kora milliárd évben mérhető!

Tehát valami más magyarázatra volt szükség. Az 1896-ban felfedezett radioaktív jelenség kapóra jött. De a számítások azt mutatták, hogy ez sem adott megfelelő magyarázatot. A XX. század elejétől kibontakozó atom- és magfizika adta meg a helyes választ.

A Nap – mint minden más csillag – belsejében oly magas a nyomás és a hőmérséklet, hogy az atommagok egyesülése (magfúzió) révén energia keletkezik. A csillagunkban lezajló folyamatot proton-proton ciklusnak nevezzük. Az kidolgozójuk Hans Albrecht Bethe (1906-2005) német és Carl Friedrich von Weizsacker (1912-2007), szintén német fizikus volt (1939). A folyamat egyszerű vázlatja: négy hidrogén atommagból (proton) egy hélium atommag keletkezik, miközben óriási energia szabadul fel. Mivel a kiinduló és a létrejött anyag tömege között tömegkülönbség van, ezért a hiányzó tömeg energiává alakulása adja meg a pontos magyarázatot az energia keletkezésére. Ezt pedig az Einstein által 1905-ben felismert $E = mc^2$ képlet írja le. E az energia, m a tömeg, c pedig a fény vákuumbeli sebessége, ami 299 792,458 km/s.



A proton-proton ciklus folyamat ábrája. A β^+ a pozitív töltésű elektront (pozitron), a ν a neutrínót, a γ pedig a gammasugárzást jelöli. Érdeemes megfigyelni, hogy a folyamat végén két proton keletkezik (ezért hívjuk ezt proton-proton ciklusnak), valamint a teljes reakció nagyon hosszú időt vesz igénybe.

A Naphoz hasonló tömegű csillagok belsejében ez a folyamat a felelős az energia termelésért.

Az energia a centrális magban – csillagunk legbelső része – születik. A számítások szerint minden másodpercben 600 millió tonna hidrogén nyersanyagra van szükség. Ez óriási számnak tűnik, de az eltelt 5 milliárd év alatt csupán anyagának 5%-át veszítette el, mely energiává alakult. Még legalább ugyanennyi ideig tart ez a „fűtőanyag”.

A központi magban keletkezett energia kb. 1 millió (!) év alatt ér a felszínre. De addig több zónán halad át. A *röntgensugárzási zóna* öleli át az „atomkohót”. A kifelé haladó energia – a magas hőmérséklet miatt – gamma- és röntgensugárzás formájában van jelen. Ezek az energiacsomagok (kvantumok) számára az anyag nem átlátszó, tehát folyamatosan ütköznek a környező részecskékkel és szóródnak, így energiájuk folyamatosan csökken. Erre szokták mondani, hogy „szelidül” a sugárzás energiája. A felszínre érve már az ultraibolya, a látható fény és az infravörös tartományba tartozó fotonokat fogja kisugározni.

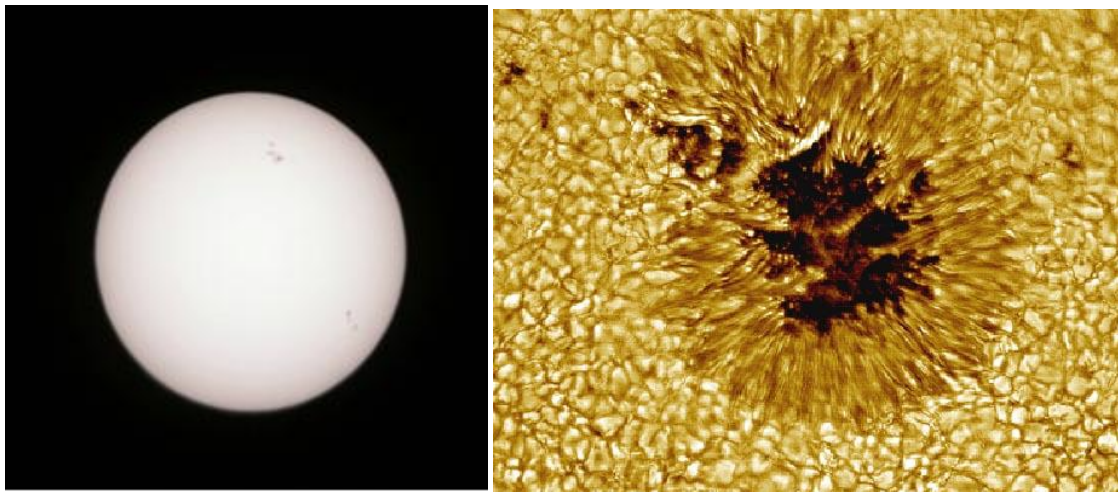
A magban neutrínók is keletkeznek, melyek – a nagy áthatoló képességük miatt – rövid idő alatt elhagyják a Napot.

A felszín alatt kb. 100 ezer kilométerrel kezdődik a *konvekciós tartomány*. Innen az energia – a hőáramláshoz hasonlóan – halad tovább. (A folyamat emlékeztet a forrásban lévő víz részecskéinek mozgására.)

A Nap középső részén 100 g/cm^3 a sűrűség, a felszínén már csak $0,01 \text{ g/cm}^3$.

A Nap légköre is három részre osztható: a fotoszférára, a kromoszférára és a koronára.

A *fotoszféra* (a fény szférája), innen származik a Nap sugárzásának 90%-a, csillagunk szemünkkel látható felszínét jelenti.



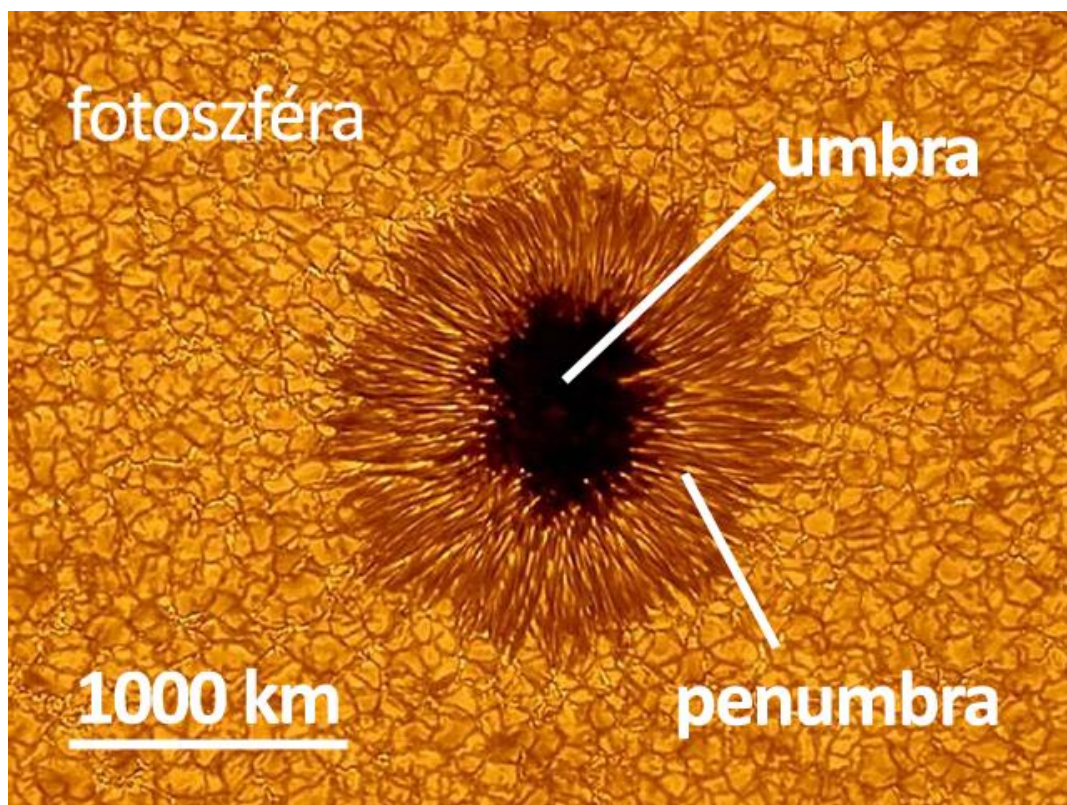
A Nap fotoszférája. Néhány napfolt is látható. (A szerző felvétele.) A felszínen látható szemcsés szerkezetet a granulák alkotják. (APOD, NSO, NOAO.)

Ebben a 400 kilométer vékony rétegben számos érdekes jelenség figyelhető meg. Ha nyugodt a légkör, akkor távcsövön át látható ez a szerkezet. Élettartamuk néhány perc, méretük kb. 500 kilométer. Az általuk szállított anyag 1-2 km/s sebességgel felfelé áramlik. A granulák szállítják a felszínre az energiát. Ezt leadják, majd összekeverednek a környezetükkel és eltűnnek. A granulák szélein látható sötét határvonalak mutatják azt, hogy ott az anyag ismét csillagunk belsejébe süllyed. A granulációs réteg alatt egy lényegesen

nagyobb karakterisztikus méretű -- 30 ezer kilométeres – *supergranulációs szerkezet* helyezkedik el.

A fotoszférában láthatók – a fehér fényben szemlélve – a fényes *fáklyák*, melyek szálas szerkezetet mutatnak, hőmérsékletük néhány száz fokkal meghaladja a fotoszféráét. Szorosan kapcsolódnak a sötét területűnek látszó *napfoltokhoz*. Ezek két részre oszthatók: az *umbrára (árnyék)* és a *penumbrára (félárnyék)*. Az umbrát feketének, a penumbrát pedig szürkének látjuk. A *napfolt középső részén a hőmérséklet 1500 fokkal, míg a szélein 1000 fokkal alacsonyabb, mint a környezeté*. Tehát a napfolt egy kontrasztjelenség. Ha egy ilyen kiszakítanánk csillagunk testéből és az égboltra helyeznénk, akkor 100 telehold fényességével világítana. Egy napfolt tipikus mérete 10 ezer kilométer, ez pedig bolygónk nagyságával egyezik meg.

Keletkezésüket a mágneses mező változásával magyarázzák. A sötét színű területek azt jelzik, hogy ott az energia feláramlása nem oly intenzív, mint a környezetében. A mágneses mező egy helyen erősebbé válik, így ott az energiaáramlás lanygulni kezd. Egyes szakemberek szerint egy erővonalköteg kibuggyan a felszín fölé és így jön létre a folt. Mivel a feláramló plazma is mágneses mezővel rendelkezik, ezért a két mező együttes hatása alakítja ki a foltot. Minden folt bipoláris – ahogy a rúdvas is az – tehát kétpólusú. Vagyis az erővonalköteg vége visszabújik a felszín alá. A mágneses mező fluxusának időbeli változása a lényeg. Ez Faraday indukciós törvénye. Tehát indukált áramról van szó. Ennek erőssége – földi mértékkel mérve – szinte elképzelhetetlenül nagy értékű.



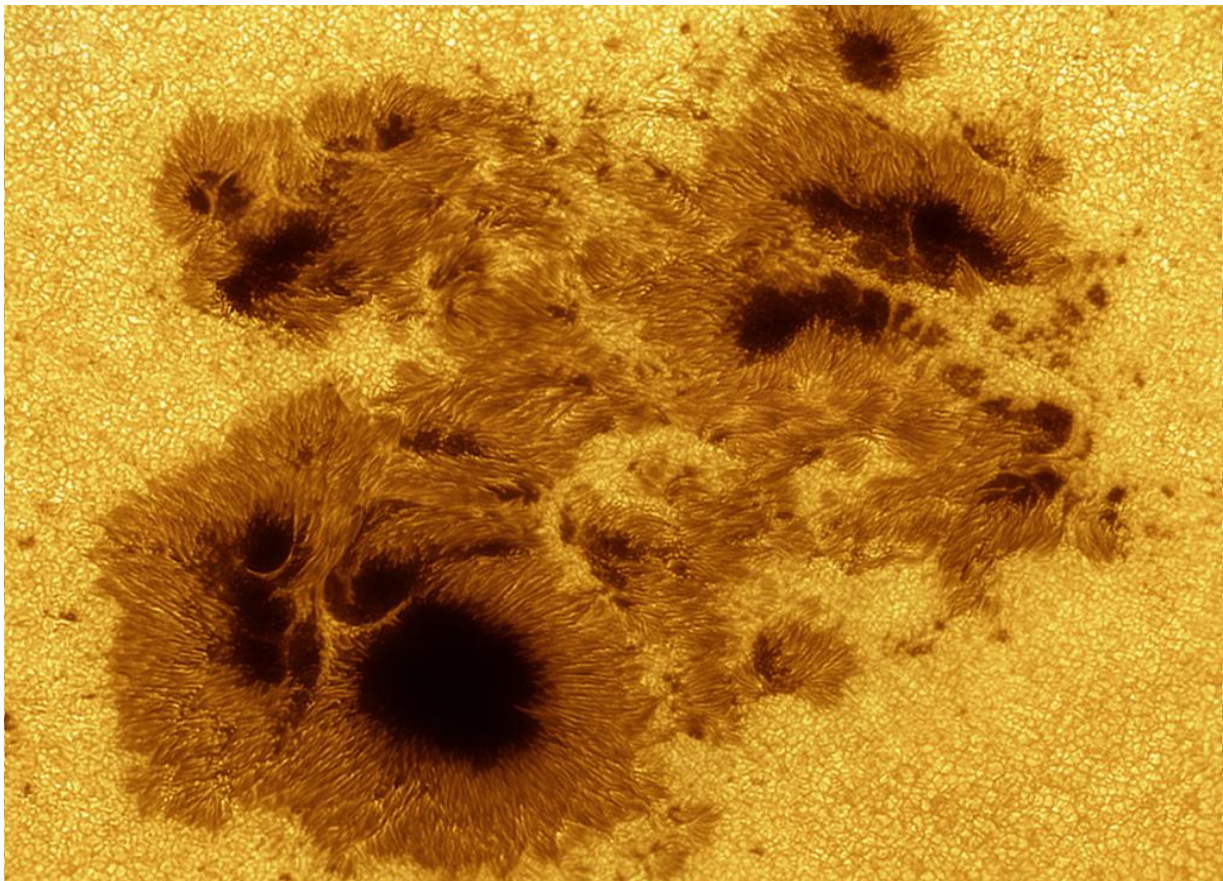
Egy folt és szerkezete.

1795-ben *William Herschel* (1738-1822) angol csillagász, aki német származású volt, úgy gondolta, hogy a napfoltokon keresztül a Nap belsejébe láthatunk. Ő még a Napot bolygónak gondolta. A skót *Alexander Wilson* 1774-ben leírta, hogy amikor egy napfolt csillagunk peremén látszik, akkor az *umbra egy mélytányérhoz hasonlítható, bemélyedést mutat. Ezt Wilson-jelenségnek hívjuk. Az újabb kutatások szerint a jelenséget az umbra anyagának nagyobb átlátszósága okozza.*

A mérések szerint az umbra belső része 700 kilométerrel van alacsonyabban, mint a fotoszféra rétege.

A foltok csak ritkán fordulnak elő magánosan. Csoportokban, ún. *foltcsoportokban* szokták megfigyelni ezeket. Jellemző méretük 100 ezer kilométer. Az élettartamuk időnként az egy hónapot is meghaladja.

Minden folt részt vesz a Nap tengelykörüli forgásában. Így sikerült megállapítani a korábban közölt értékeket.



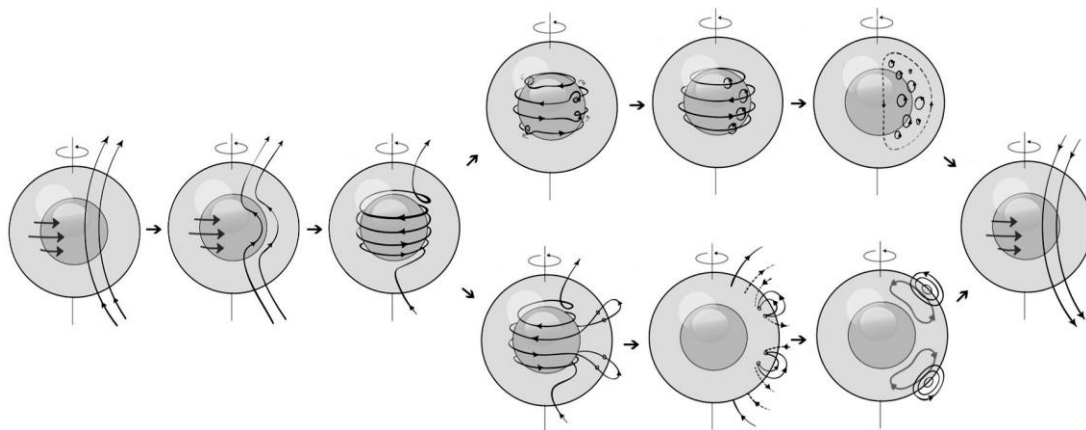
*Egy nagy méretű foltcsoport. Kiválóan látszik a granuláció, és a penumbra szálak szerkezete.
(APOD, Randall Shivak és Alan Friedman feldolgozása.)*

A foltcsoportok szerkezete összetett, fejlődésükről számos film található a YouTube-on. Például: NASA SDO – Traveling Sunspots (Feb 7 – 20, 2011). Ezen a filmen kiválóan megfigyelhető a foltok megjelenése és csoporttá szerveződése.

Minden folt és csoport kialakulása a Nap mágneses mezejével hozható szoros kapcsolatba. Valamennyi foltcsoport születése úgy kezdődik, hogy megjelenik egy pórus (ez egy apró folt), ennek területe napról-napra nő, majd a környezetében egyre több folt alakul ki. Végül egy összetett szerkezetű, hosszan elnyúló alakzat jön létre. Egy ilyen csoport fejlődése hetekig is eltarthat. Oly nagy méretű lesz, hogy szabad szemmel is észrevehető. Érdeemes megfigyelni – megfelelő eszközök birtokában – a naponta bekövetkező változásokat. Egy hosszabb élettartamú csoport túlél egy fordulatot, tehát ismét láthatóvá válik.

A foltok keletkezését és mozgását a *Horace W. Babcock (USA) csillagász (1912-2003)* által leírt elmélet adja vissza a leghűbben.

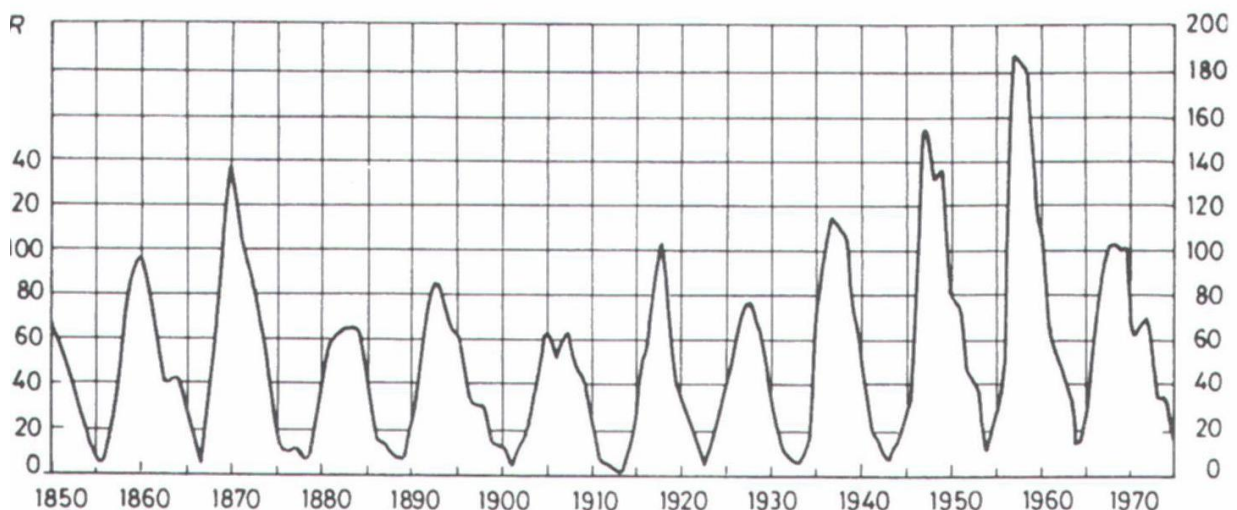
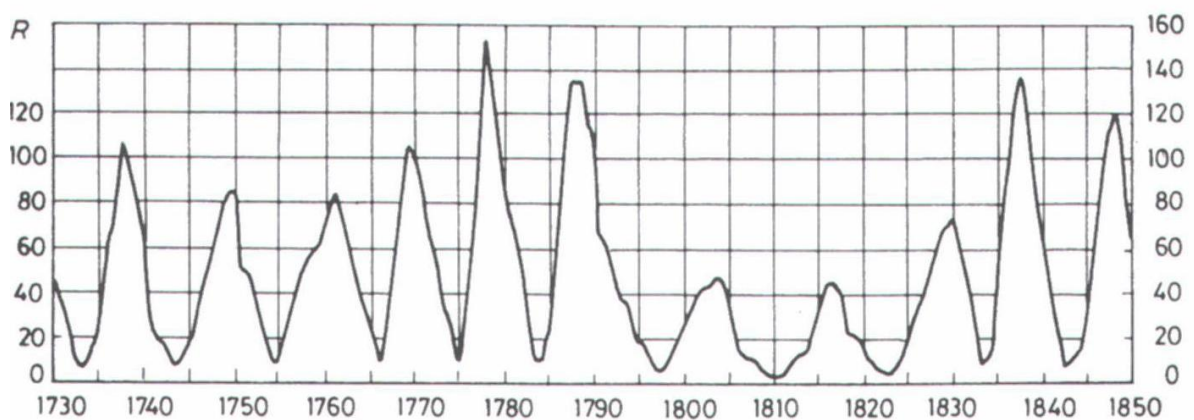
Az alapja a mágneses befagyás jelensége. Az áramló plazma mágneses mezőjének erővonalai egymást nem keresztezhetik, ezért is szokás a befagyást – az anyag és a mágneses tér egyesült kapcsolatát – emlegetni. Ha a plazma állapotú anyag elhagyja korábbi környezetét, akkor a mágneses mezőt is „magával cipeli”.



A Babcock-féle dinamó, amely jelenleg a legjobb elképzelés arra, hogy miként tudja a Nap fenntartani a foltok mágneses terét, egyben választ ad a napfoltciklus több kérdéses tulajdonságára. Kiindulásul egy dipólusszerű tér szolgál (a), melynek erővonalai a felszín alatt záródnak. Ezeket a differenciális rotáció felcsavarja (b) úgy, hogy egyre inkább az egyenlítővel párhuzamos erővonalak alakulnak ki (c). Ennek erővonal kötegeit a konvekciós mozgások még tovább erősítik felcsavarásukkal, egészen addig, amíg a mágneses tér kisebb sűrűsége folytán fel nem bukkan a felszínre (d). A felszínre bukkant erővonalcső eleje és vége alkotja a napfoltcsoportok vezető (V,) és követő (K) részét (e). A konvekció ezután szétszórja a mágneses teret, a vezető részek az egyenlítő, a követő részek a pólus felé tartanak (f). A vezetőők az egyenlítőnél kölcsönösen megsemmisítik egymást, a követők pedig a pólusoknál új, immár ellenkező polaritású teret hoznak létre, és kezdődik minden előlről.

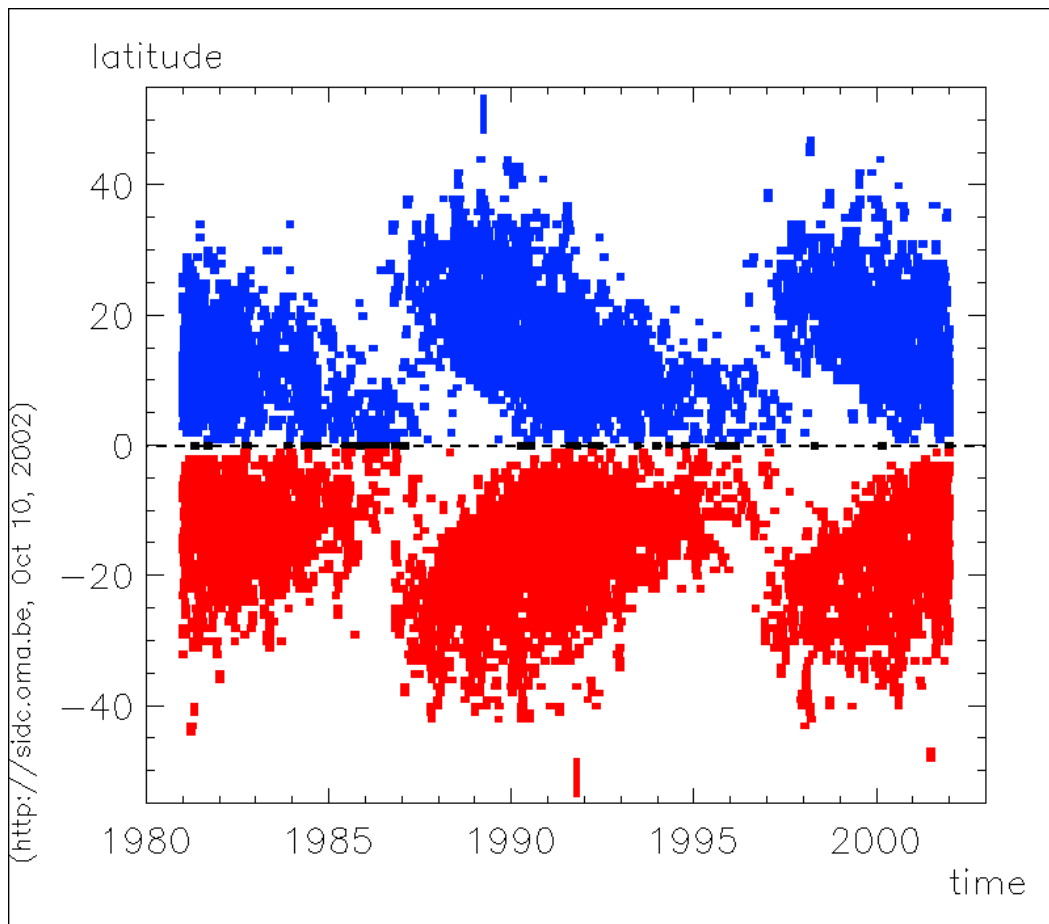
Már régóta figyeltek arra, hogy a foltok és csoportok feltűnése periodikus. Ez körülbelül 11 éves időszakot jelent. Ezt *napfoltciklusnak* nevezzük. Az elején a magas szélességi körökön (35-40 fok) tűnnek fel az első foltok. Ezek – az idő múltával – egyre kisebb szélességű helyeken láthatók. Majd eljön az az időszak, amikor egyre több folt és csoport keletkezik. A maximum után pedig eltűnnek a foltok, és akár egy éven át foltmentes időszak következhet be. Sokszor előfordul, hogy a régi és az új periódus foltjai egyszerre figyelhetők meg. Az egyenlítő közelében még ott vannak a „régiek”, míg a magas heliografikus szélességeken már feltűnnek az „újak”.

A megfigyelések néhány száz esztendő múltára tekintenek vissza. Így érthető, hogy *bevezették a Nap felületének fedettségére jellemző relatív napfoltszámot, melyet R-rel jelölnek.*



A Nap felületének fedettségét kifejező relatív szám értékei 1730 és 1975 között. Érdeemes megfigyelni, hogy minden periódusban az R értéke más.

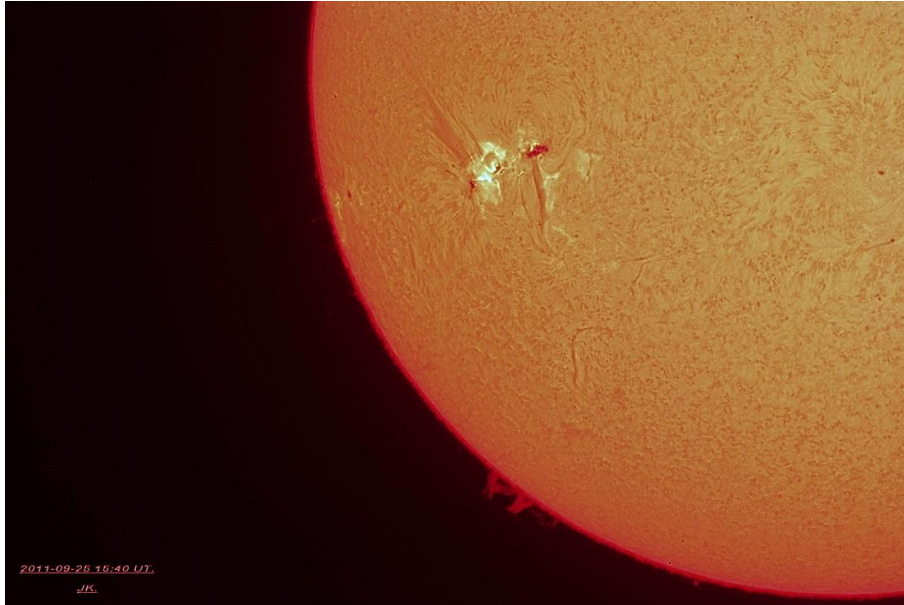
Ha pedig azt nézzük, hogy egy cikluson belül milyen szélességeken tűnnek fel a foltok, akkor az ún. pillangó- (lepke-) diagramot kapjuk.



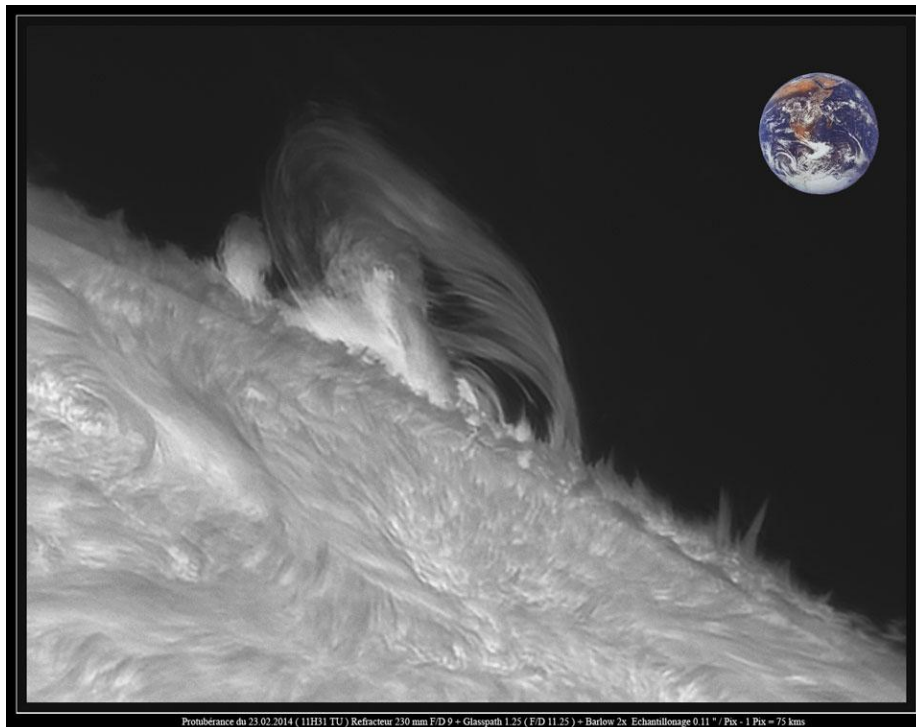
A pillangó diagram. A függőleges tengelyen az évek, a vízszintes pedig a heliografikus szélességi értékek szerepelnek. A déli szélességet mínusz előjellel tüntették fel. Kiválóan látszik a szimmetria – tehát a foltok és csoportok mindkét féltekén az egyenlítőtől ugyanolyan távolságban fordulnak elő. Ezt az ábrázolást Richard Christopher Carrington (1826-1875) angol amatőrcsillagász találta ki.

Azt is megfigyelték, hogy minden foltcsoportnál – például az északi féltekén – a vezető folt északi, míg a követő déli polaritású lesz. A déli féltekén pedig ennek az ellenkezője fordul elő. Ha vége a ciklusnak, akkor az addigi polaritások az ellenkezőjére fordulnak. *Mágneses szempontból a napciklus nem 11, hanem 22 évig tart.*

A fotoszféra fölött helyezkedik el a *kromosztféra – a szín szférája*. Ez a név annak köszönhető, hogy teljes napfogyatkozás során – a látható fény tartományában -- rózsaszínűnek látszanak az ott lévő gázanyag fénykibocsátásának révén. A kb. 10 ezer kilométer vastag réteget – korábban – csak a teljes napfogyatkozás rövid ideje alatt lehetett megfigyelni. Ma már a különleges szűrők révén hosszú időn át tanulmányozható.



A kromoszféráról készített felvétel. Jónás Károly fotója H_{α} szűrőn át készült. A H_{α} fényt a hidrogén atom sugározza ki a 656nm-es hullámhosszon. A kibocsájtott foton hullámhosszát a Bohr atommodell nagyszerűen megmagyarázza (lásd Balmer-sorozat). Érdekes megfigyelni a kromoszférának a fotoszférától eltérő szerkezetét. A világos terület egy napfoltot hoz kapcsolódó részt mutat. A napkorong szélén pedig a fűszálszerű szpikulákat vehetjük észre.



Egy másik felvétel kiválóan mutatja a kromoszférában lévő anyagnak a mágneses mezővel összefüggő szerkezetét. A peremen egy protuberancia látszik (erről a későbbiekben). A jobb felső sarok mutatja a Föld arányos méretét.(APOD, jp-Brahic)

Sűrűsége a fotoszféra anyagának sűrűségéhez képest elenyésző. A hőmérséklete viszont magasabb, 10 000 K. Joggal merül fel a kérdés, hogy miért? Egyrészt a fotoszférában a konvekciós zónában fel- és leáramló anyag mozgása miatt nyomáshullámok (hanghullámok) alakulnak ki, melyek felfelé terjednek tovább. Ezek energiát hordoznak, mint minden rezgés illetve hullám, melyet a kromoszféra híg gázanyaga elnyel. A másik fűtési mechanizmust a Hannes Alfvén svéd csillagász által kidolgozott magnetohidrodinamika (MHD) elmélete magyarázza meg. A fotoszférában lejátszódó örvényes (turbulens) mozgások azt eredményezik, hogy a mágneses mező erővonalai is rezgésbe jönnek, az így keletkező hullámok az erővonalak mentén tovaterjednek és hozzájárulnak a kromoszféra fűtéséhez. A nyomás- és a mágneses hullámok azt eredményezik, hogy a felső részen a hőmérséklet már 1 millió K-re emelkedik.

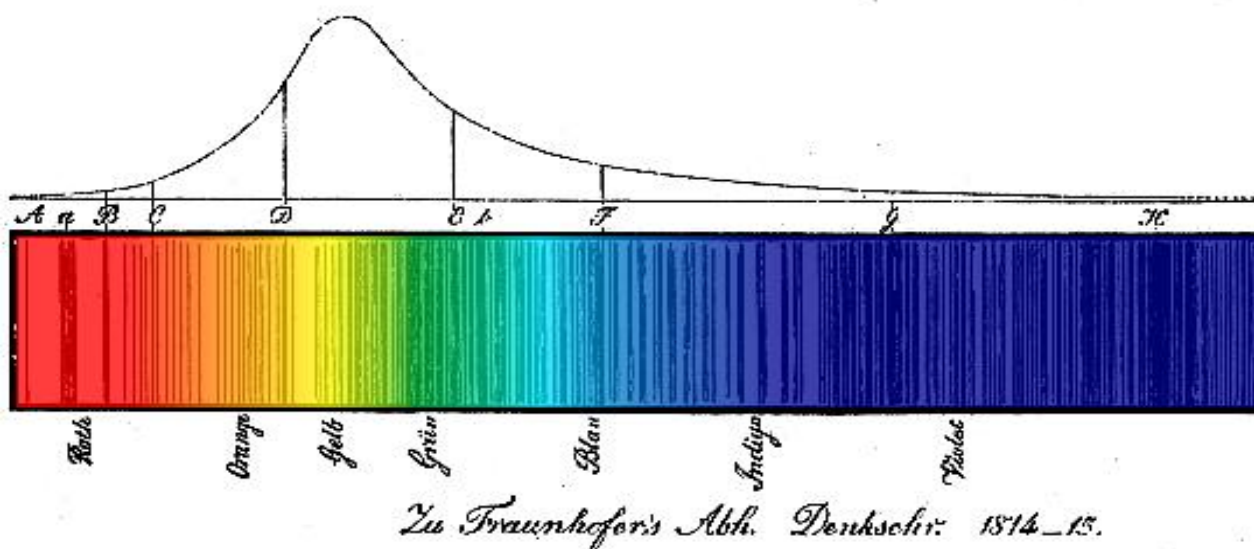
(Ezt persze nem úgy kell elképzelni, mint ahogy a szobahőmérővel mérjük a hőmérsékletet, hiszen az ottani gáz sűrűsége a földinek szinte elenyésző része. *Ez a sugárzási hőmérséklet*, mely az atomok által kisugárzott energia értékeknek felel meg.

Hogyan értelmezzük a csillagok sugárzását, a hőmérsékletüket? Milyen színeképeket ismerünk, és melyiket, mi jellemzi?

Az iménti kérdésekre adott válaszok nem választhatók el egymástól!

Minden test sugárzást bocsájt ki (emittál) magából. Vegyük példának a környezetünkben lévő testeket. Valamennyi a Nap sugárzó energiáját nyeli el (abszorbeálja), attól függően, hogy milyen pl. az anyagi összetétele. Majd kisugározza úgy, hogy a test hőmérséklete a folyamat végén egyenlő lesz a környezet hőmérsékletével.

A XIX. század elején vette kezdetét az *asztrofizika*. A mérőberendezések és a fizikai ismeretek fejlődésének köszönhető ennek a tudományágnak a létrejötte. *Joseph von Fraunhofer* (1787-1826) német tudós volt az, aki a Nap színeképeiben (spektrumában, spektrum = látvány) megfigyelhető vonalakat először közzé tette. 574 sötét (abszorpciós) színeképvonalat figyelt meg, amikor a Nap fehér fényét egy prizmából, egy résből és lencséből álló optikai rendszer segítségével összetevőire bontotta (1814). A színeképelemző készülék neve: *spektrográf*. Ezeket a vonalakat megjelölte, így ma is *Fraunhofer-vonalaknak* nevezik ezeket. (Ma kb. 26 ezer elnyelési vonalat ismerünk a Nap által kisugárzott – 293,5 nm és 1349,5 nm közötti tartományban.)



Joseph von Fraunhofer. A Fraunhofer vonalak a Nap színekében. A felső rajz az energia eloszlást mutatja.

Természetesen azonnal felmerült a kérdés, hogy ezek a vonalak miért sötétek, miért ott helyezkednek el, miért olyan az energia eloszlása.

A pontos válaszokra majdnem egy évszázadot kellett várni.

A színek előállításával és azok értelmezésével már Fraunhofer megfigyelése előtt egyre többen foglalkoztak. Jól ismerték a *folytonos vagy folyamatos színeképet*. Ennek az a jellemzője, hogy a színek (ezek alatt mindig a szemünkkel megfigyelhetőket értjük) folyamatosan átfolynak egymásba, nem lehet ezeket egymástól határozottan elkülöníteni. Az izzó szilárd testek színeképe ilyen. Például egy izzólámpa fényét, ha vizsgáljuk egy kézi spektroszkóppal, akkor ezt látjuk. (A színeképelemzőt a Távcsőcentrumban lehet beszerezni.)

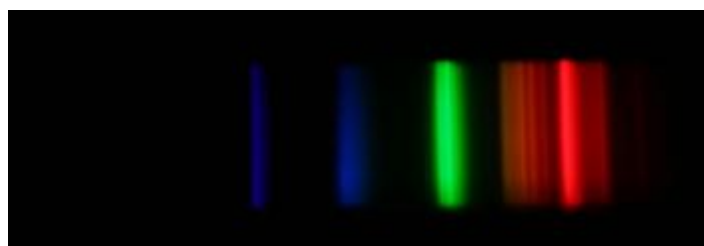
Ez az eszköz természetesen nagyszerűen megmutatja az emissziós vonalakat és a Fraunhofer vonalakat is.)



A kézi spektroszkópon át készített folytonos színekép. (A szerző felvétele.)

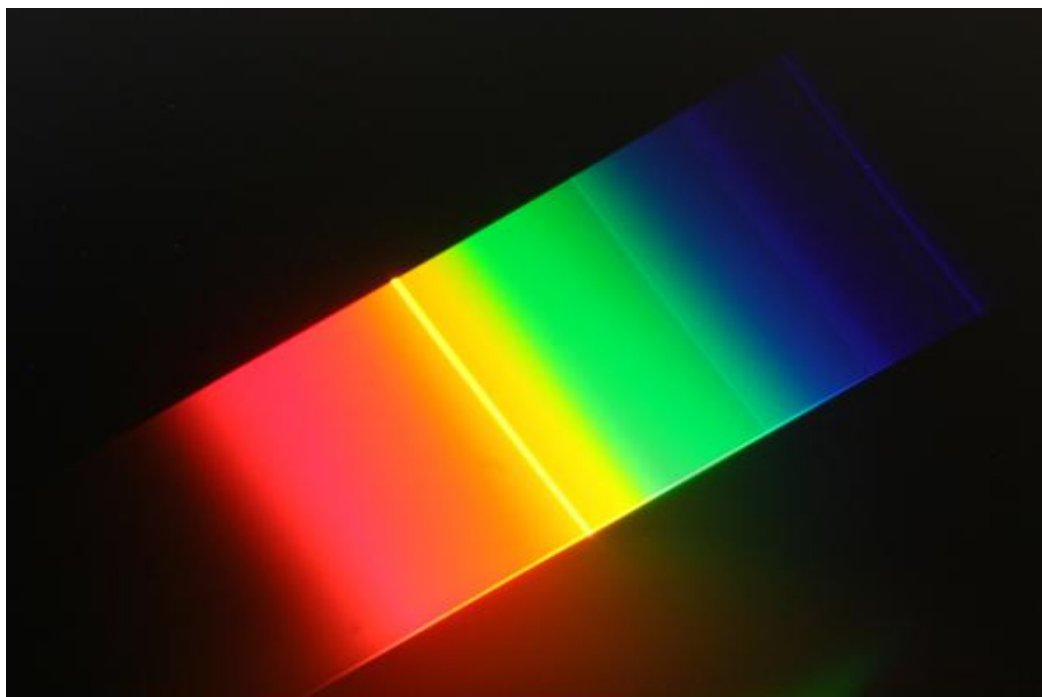
A színekép másik csoportját a *vonalasok* alkotják. Ez kétféle lehet: *emissziós* és *abszorpciós*. Az emissziós színekép jellemzői – a fekete háttér előtt különböző színű vonalsereg látható. Az izzó gázok színeképe ilyen. A színeképvonalak elhelyezkedése a gázt alkotó kémiai elemekről vagy molekulákról adnak információt.

Érdeemes egy fénycső színeképét megmutatni a diákoknak, akkor ezt láthatják a kézi készüléken át.



Egy energiatakarékos kompakt fénycső emissziós színeképe. (A szerző felvétele.)

Ha pedig egy gyertya lángjába pl. sót szórunk, akkor lángfestést alkalmazunk. Így a folytonos háttér (kontinuum) előtt egy fényes, emissziós vonal jelenik meg. Ezt kapjuk eredményül.



A gyertya lángjába szórt konyhasó által létrehozott sárga színű emissziós vonal. (A szerző felvétele.)

Ezt a módszert alkalmazta *Gustav Kirchhoff (1824-1887)* német fizikus, aki *Robert Bunsennel (1811-1899)* német kémikussal együtt megalapozta a színeképelemzés gyakorlatát.

Megfigyelték, hogy a lángban eléggő különböző kémiai anyagok milyen emissziós színeképvonalakat mutatnak. Az általuk készített „katalógus” lett az alapja annak, hogy, ha egy ismeretlen fényforrás színeképét vizsgáljuk, akkor a megfigyelt színeképvonalak és a laboratóriumban felvettek összehasonlítása segítségével meghatározható, hogy a fényt kibocsájtó égitest milyen kémiai összetevőket tartalmaz.

A fenti képen a nátrium jellegzetes sárga (D) vonala figyelhető meg. Ezt a vonalat – mely egy jobb felbontású spektroszkóp segítségével dupla vonalnak látszik – Bunsen is megfigyelte, és feljegyezte a hullámhossz szerinti helyét. *Ezután a Nap fényét is átvezette a nátrium erős fényével együtt a színeképelemző készülék résén. Meglepődve tapasztalta, hogy a lángban eléggő nátrium fényes vonalai, és a Napban megfigyelhető – ugyanahhoz a hullámhosszhoz tartozó -- sötét vonalak egybeesnek! Itt a lényeg!* A laboratóriumban felvett emissziós vonalak elhelyezkedése és a csillag színeképében található elnyelési (abszorpciós) vonalak összehasonlítása pontosan elárulja az égitest kémiai összetételét. (Az ilyen vizsgálatokat úgy végezhetjük el, hogy az égitestről nem kell anyagmintát hozni! Természetesen nemcsak a csillagok kémiai összetételét lehet ezzel a módszerrel meghatározni, hanem minden olyanét, amely fényt bocsájt ki.)

Kirchhoff így fogalmazta meg ezt a tudománytörténeti felfedezést: „Az azonos hullámhosszúságú sugarak emissziós és abszorpciós képességének az aránya azonos hőmérsékleten minden testnél ugyanaz.”

Ez a megállapítás pedig elvezet a modern fizika két alapterületéhez, a kvantumelméletéhez és az erre épülő atommodellhez.

William Herschel (1738-1822), aki Németországban született (eredeti neve: Friedrich Wilhelm Herschel), majd Angliában telepedett le, 1800-ban egy alapvető kísérletet végzett el. Korának legnagyobb átmérőjű tükrös távcsövével rendelkezett, melynek fénygyűjtő képessége minden korábbit felülmúlt. Ezért arra gondolt, hogy meg lehetne mérni a Nap sugárzó energiáját. A méréshez hőmérőt használt. A Nap fehér fényét prizmával bontotta fel. Azt tapasztalta, hogy a színek különböző tartományába helyezett hőmérő a vörös színű sugaraknál mutatta a legmagasabb értéket, míg az indigó tartományban a legkisebbet. Azt is észrevette, hogy a vörösön inneni (infravörös) hullámhossz tartományban még magasabb hőmérséklet mérhető. Így fedezte fel a szemünkkel nem látható infravörös sugárzást, melyet hőszugárzásnak nevezett el.

Ez volt az első olyan megfigyelés, amely a csillagászok és a fizikusok figyelmét abba az irányba fordította, miként lehetne pontosan leírni a Nap hullámhossztól függő sugárzásának értékét.

Herschel megfigyelése bizonyította, hogy a csillagok energia sugárzásának erőssége függ a hullámhossztól, tehát nem egyenletes eloszlású. Ugyanezt lehet megfigyelni a Fraunhofer színeképét bemutató ábrán is. Jól látszik az a csúcs, amely mutatja, hogy a Nap sugárzása mely hullámhosszon a legerősebb. (Erről már az emberi szem kapcsán már volt szó.)

Ahogy szaporodtak a megfigyelési eredmények, úgy láttak napvilágot az új elképzelések. Csakhogy a két terület közötti harmónia még távol esett egymástól.

Hosszú időn át a felfogás uralkodott, mely szerint az energia értéke folytonos, tehát tetszés szerinti lehet. Ez pedig nem volt alkalmas arra, hogy a felmerült problémát meg tudják magyarázni.

Az áttörést *Max Planck (1856-1947)* német fizikus forradalmi felismerése jelentette. Ő elméleti alapon *feltételezte, az energia nem lehet tetszőleges értékű, hanem egy parányi egység (kvantum) egész számú többszöröse.* (A kvantum szó magyar jelentése legkisebb egység. Például a hazai pénzügyi kvantum a fillér, vagy egy zacskó kristálycukor kvantuma egyetlen szemcse.)



A kép közepén Max Planck, a jobbján pedig Albert Einstein.

Planck 1900-ban közölt felismerése már a sokadik „torpedó” volt, amely eltalálta a klasszikus fizika „hajóját”. A newtoni fizika kora leáldozott, beköszöntött a modern fizika.

(Senki ne temesse Newton szenzációs szellemi alkotásait! A saját korában tett felismerései a legmodernebbek voltak. Ma is kiválóan magyarázzák meg a hétköznapi természeti jelenségeket. Mi – a fényhez képest – kis sebességű világban élünk. Ezért nem vesszük észre azokat a jelenségeket, amelyek a mikrovilágban hétköznapiak számítanak. Nem vagyunk közel fénysebességgel haladó elemi részecskék.

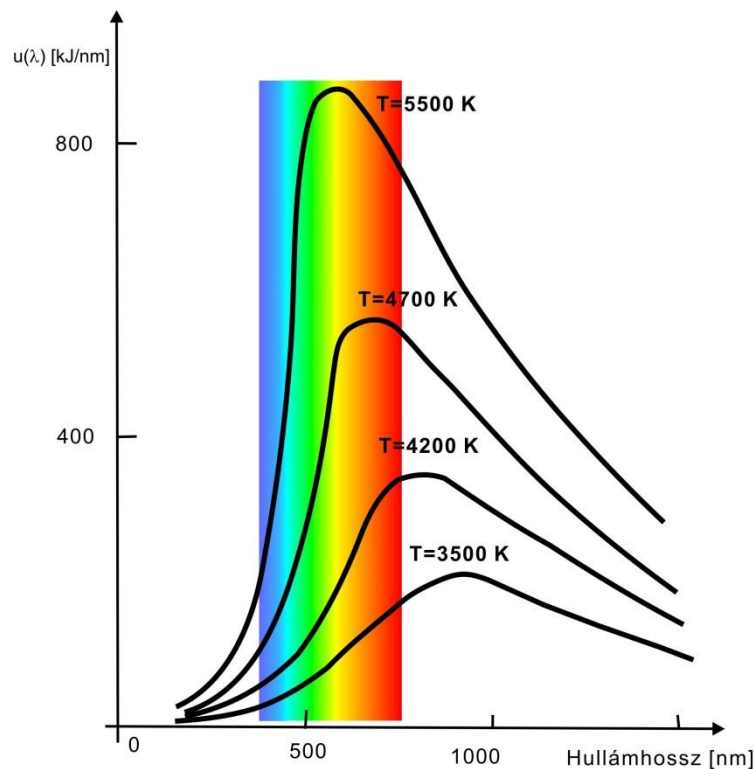
Az Einstein által leírt mozgásegyenletek tökéletesen visszaadják a Newton által megfogalmazott formulákat, ha a sebesség értékét a hétköznapi viszonyainknak megfelelően választjuk meg!

A Planck által felismert összefüggés azt jelentette, hogy az energia is tehetetlenséggel rendelkezik, csakúgy, mint a tömeg a newtoni fizikában!

$$E = h \cdot f.$$

Ahol E az energia, h a Planckról elnevezett fizikai állandó, melynek értéke $6,625 \cdot 10^{-34}$ Js. Ez egy természeti állandó, a gravitációs állandóhoz vagy a vákuumbeli fénysebességhez hasonlóan. f pedig a rezgésszám avagy frekvencia.

Az így megalkotott sugárzási törvény már pontosan leírta a csillagok hullámhossz szerinti energia kibocsájtását.



Az energia eloszlást mutató görbék. A függőleges tengely az energia értékét mutatja, a vízszintes tengelyen a hullámhosszt láthatjuk. Az is megfigyelhető, hogy a sugárzást kibocsájtó testek milyen hőmérsékleti értéken sugároznak a legintenzívebben. Nagyszerűen látszik, hogy minél alacsonyabb pl. egy csillag felszíni hőmérséklete, annál inkább a hosszabb hullámhosszon történik a maximális értékű energia kibocsájtása. Az 5500 K-hez tartozó görbe a Nap kisugárzott energia eloszlását mutatja. Nem véletlen, hogy szemünk a fent látható színtartományban a legérzékenyebb.

A sugárzási maximum hullámhossz eltolódását *Wilhelm Wien* (1864-1928) német fizikus ismerte fel. Ehhez viszont szüksége volt az alábbi elméleti ismeretekre.

A sugárzáselmélet alapja az ún. abszolút fekete test. Ez az elképzelt alakzat minden hullámhosszúságú sugárzást elnyel (abszorbeál) és kibocsájt (emittál). Az abszolút fekete test sugárzását üregsugárzásnak is szokták nevezni. Olyan, mintha a sugárzás egy parányi lyukon keresztül haladna át. A csillagászatban a csillagokat abszolút fekete testeknek szokták tekinteni.

(Természetesen ez nem pontosan így van, de a modell alkotásnál az a szempont, hogy a valóságot a lehető legjobban tudjuk megközelíteni. Az ínyencek olvassák el Heitler: A sugárzás elmélete című könyvét.)

A fenti ábrán a T az abszolút hőmérséklet. Amit azért neveznek így, mert nem a Celsius-skálán mért értékről van szó, hanem az abszolútról. A két érték közötti különbség 273 fok. Tehát $0 \text{ fok } ^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$.

Az abszolút skálát *William Thomson (Lord Kelvin) (1824-1907)* vezette be 1848-ban. A gáztörvények révén kapjuk meg ezt a hőmérsékleti értéket, amely mínusz $273 \text{ } ^\circ\text{C}$, ez az abszolút skála nulla pontjának számít. A Kelvin-skálán tehát negatív hőmérsékleti érték nem szerepel. Ez azt is jelenti, hogy 0 K -nél alacsonyabb hőmérséklet nem létezik. Példa: a $27 \text{ } ^\circ\text{C}$ -os hőmérséklet 300 K -nek felel meg.

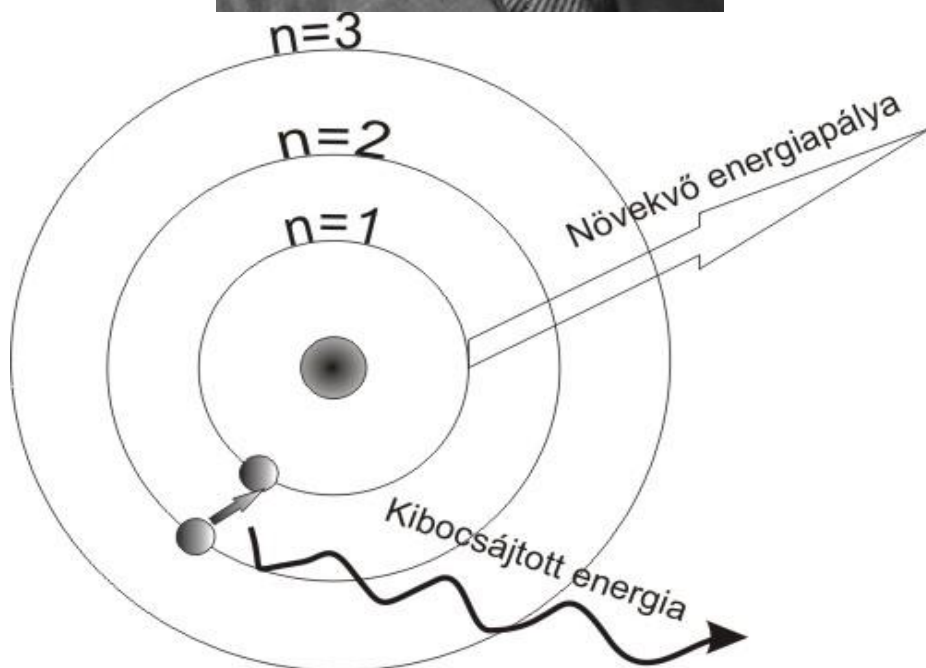
A színeképvonalak magyarázata – a Bohr atommodell.

A Planck által elindított kvantumelméletet építette be atommodelljébe *Niels Bohr* (1865-1882) dán fizikus. Az 1913-ban megjelent elméleti munkájának két alaptámasza volt. Az előzmény: Rutherford, angol fizikus, 1911-ben fedezte fel az atommagot, és azt a modellt állította fel, hogy az atom olyan, mint egy „mini-Naprendszer”. Az atommag a Nap és a körülötte keringő elektronok pedig a bolygóknak felelnek meg. Niels Bohr új elmélete a realitások talaján nyugodott, nem ilyen idilli elképzelésen, amit a Rutherford modell képviselt. *A két feltétel az energia- és a kvantumfeltétel volt. Az energiafeltétel szerint az atommag körül keringő elektron nem veszít energiát!* Ez „pofátlan” megjegyzés volt a részéről, hiszen ő is jól tudta, hogy az indukciós törvény értelmében a mozgó töltés mágneses mezőt kelt, tehát energiát veszít. Ha nem így lenne, mondta ő, akkor nem is létezne az anyag, hiszen minden elektron bezuhanna az atommagba!

Bohr elmélete csak a hidrogén által létrehozott színeképvonalakra volt alkalmazható. Ez nagyon kedvező, hiszen a kozmosz anyagának 80%-át hidrogén alkotja!

A *kvantumfeltétel* szerint a hidrogén atom magja – ez egy proton – körül mozgó egyetlen elektron, amikor az atommaghoz legközelebb van, akkor energetikai szempontból tekintve *alapállapotban* van. Ha azonban elnyel egy fotont, akkor *gerjesztett*, azaz magasabb energiájú állapotba jut. Tehát távolabb kerül az atommagtól. Ekkor *a színeképvonal egy sötét, elnyelési (abszorpció) vonal jelenik meg. A két pálya közötti energiakülönbség megfelel az elnyelt energiacsomag értékének.* Kizárólag az elnyelt foton rezgésszámától függ, hogy melyik energetikai pályára kerül az elektron.

Bohr ezeket a síkbeli, kör alakú pályákat sorszámokkal látta el, melyeket pozitív egész számok jelzik, és n -nel jelöljük. Az n a főkvantumszámot jelenti. Ennek megfelelően $n = 1$, az alapállapotú pálya, $n = 2$ az első gerjesztett állapotnak megfelelő pálya, $n = 3$ a második gerjesztett energiájú pályát jelöli, stb.



Niels Bohr arcképe. A modell főkvantum számainak megfelelő pályabeosztása.

A gerjesztett állapotban lévő elektron nem fog az idők végezetéig azon a pályán maradni, hanem visszasugározza (emittálja) az elnyelt energiát. Így a színekben emissziós vonal jelenik meg. A fenti ábrán ez is látható. Természetesen semmi sem garantálja azt, hogy az elektron a kölcsönkapott energiát egyetlen lépésben fogja visszaadni, hanem egyre csökkenő energiájú pályákon „lépegethet” vissza az eredeti helyére. Így több emissziós vonal jön létre.

Az abszorpciók vonalakra is ez érvényes. Tehát egy gerjesztett állapotban lévő elektron több alkalommal is elnyelhet egy-egy újabb fotont, ezért egyre távolabb kerülhet az

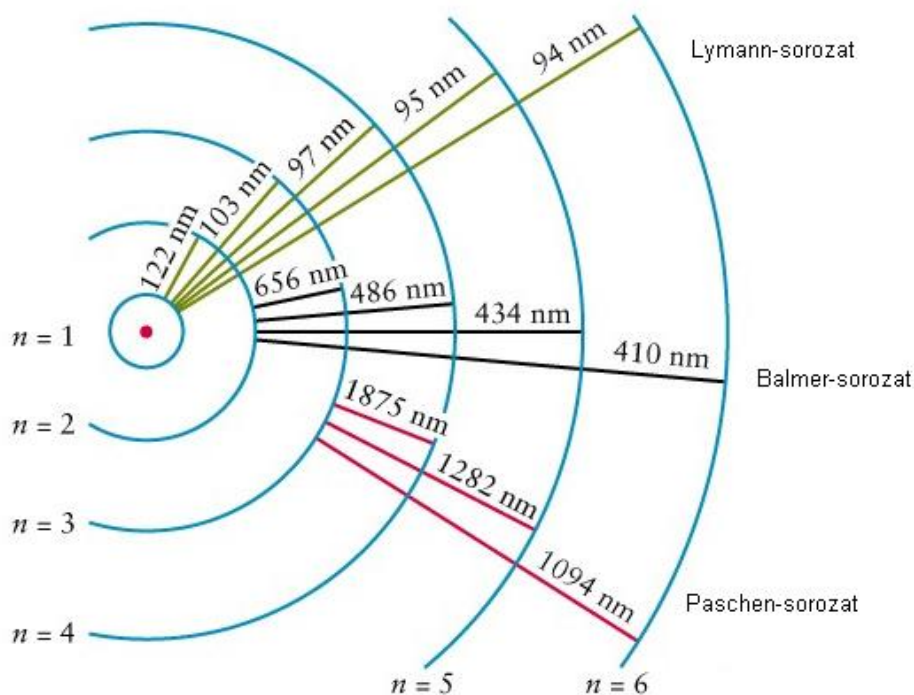
atommagtól. Ez ugyanúgy emissziós vonalak sokaságát eredményezi, mint az abszorpciós esetben.

Az általa megfogalmazott kvantumfeltétel az alábbi:

$$h \cdot f = E_m - E_n,$$

ahol: $h \cdot f$ a Planck egyenlet, tehát az energiát fejezi ki, az m és az n betűk pedig azok a pozitív egész számok, amelyek a különböző főkvantum számot jelző, különböző energiájú pályákat jelölik.

Ha m nagyobb, mint n , akkor abszorpciós vonal keletkezik, mivel magasabb energia pályáról van szó. Ha pedig m kisebb, mint n , akkor emissziós vonalat láthatunk.



A hidrogén színképében megfigyelhető vonalsorozatok.

Ha a gerjesztés $n = 1$ -ről következik be, akkor a *Lyman-sorozat* színképvonalait figyelhetjük meg. A fenti ábrán az emissziós változatot tüntettük fel. A *színképvonalak az ultraibolya tartományban* helyezkednek el. Az $n = 2$ pályához a *Balmer-sorozat* kapcsolódik. Ez a látható fény tartománya. A harmadik pályán történő energia elnyelést a *Paschen-sorozat* színképvonalai képviselik. Ezek az *infravörös tartományban* detektálhatók.

A fenti ábrán nem szerepel, de létezik a *Brackett-sorozat* is, amely már a *rádió tartományba* vezet át bennünket.

Az abszorpciós vonalak hullámhosszát láthatjuk, de ugyanezek a hullámhosszak érvényesek az emissziós vonalakra is.

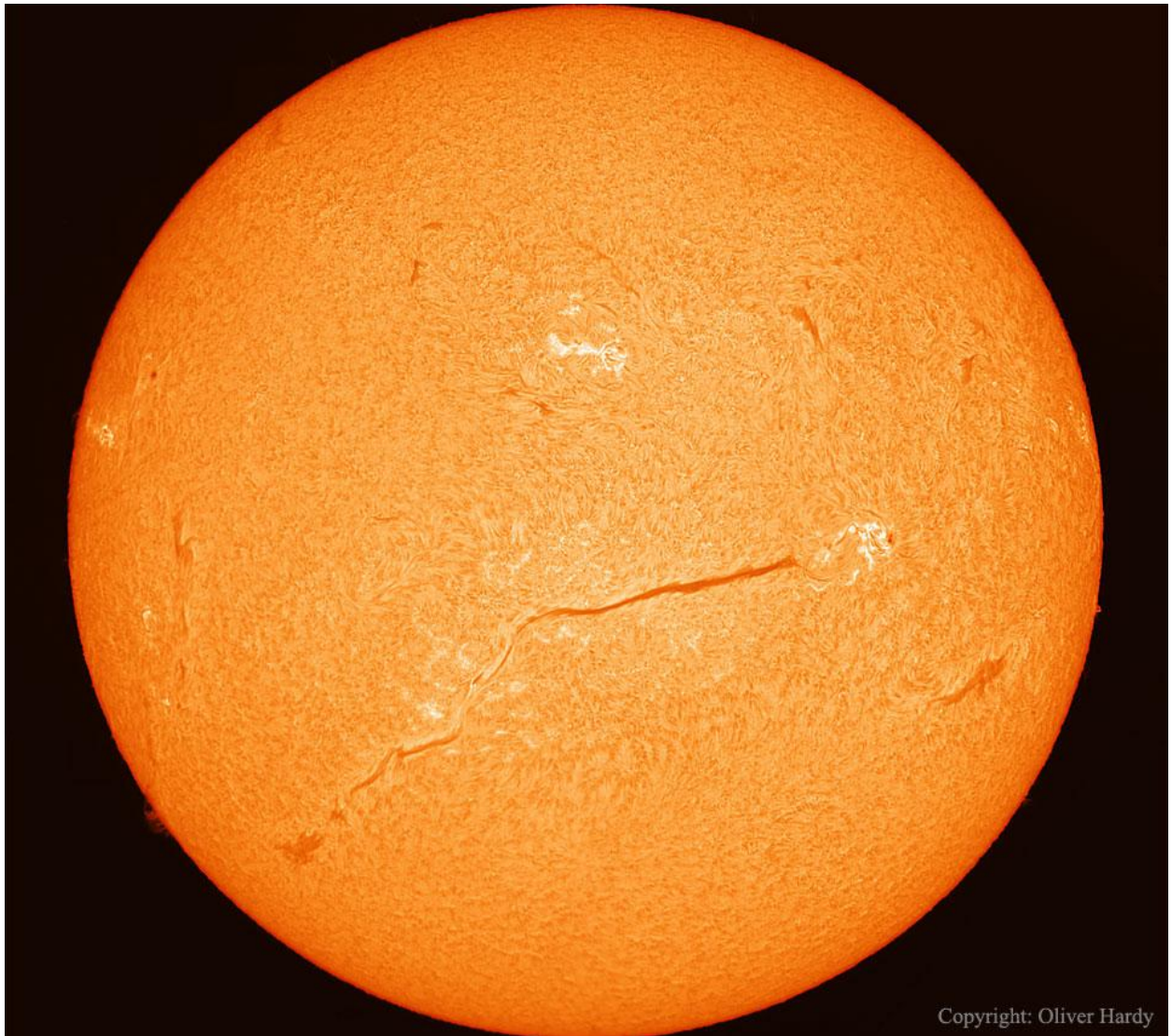
A Nobel-díjas fizikus modelljét sokan fejlesztették tovább. Pl.: *Sommerfeld* bevezette az ellipszis pályákat, *Heisenberg* felvetette a határozatlansági (a mérési hely és sebesség meghatározás pontossága) elvet, *Pauli* megalkotta a híres kizárási elképzelését, *de Broglie* pedig az anyaghullám modellel írta be magát a fizika történetébe. *Schrödinger* mindezt egy tisztán matematikai úton értelmezett hullámfüggvénybe foglalta.

Így ma már, ha egy égítést színeképét rögzítjük, akkor pontosan tudjuk, hogy milyen kémiai összetételű a forrás. De a színekép vizsgálata azt is lehetővé teszi, hogy az ottani fizikai viszonyokról (pl. hőmérséklet, nyomás) pontos információkat kapjunk.

Ezért joggal mondhatjuk, hogy a színeképelemzés a csillagászat, és azon belül az asztrofizika leghatékonyabb módszere.

Most pedig térjünk vissza a Nap légkörének és a benne megfigyelhető jelenségek tárgyalásához!

A kromoszférában figyelhetők meg a *protuberanciák*. A latin szó jelentése nyúlvány, kitüremkedés. Amíg a napkorong előtt vannak, addig hosszan elnyúló, fonálszerű képződménynek tűnnek. Ezért *ekkor filamenteknek* hívjuk ezeket.

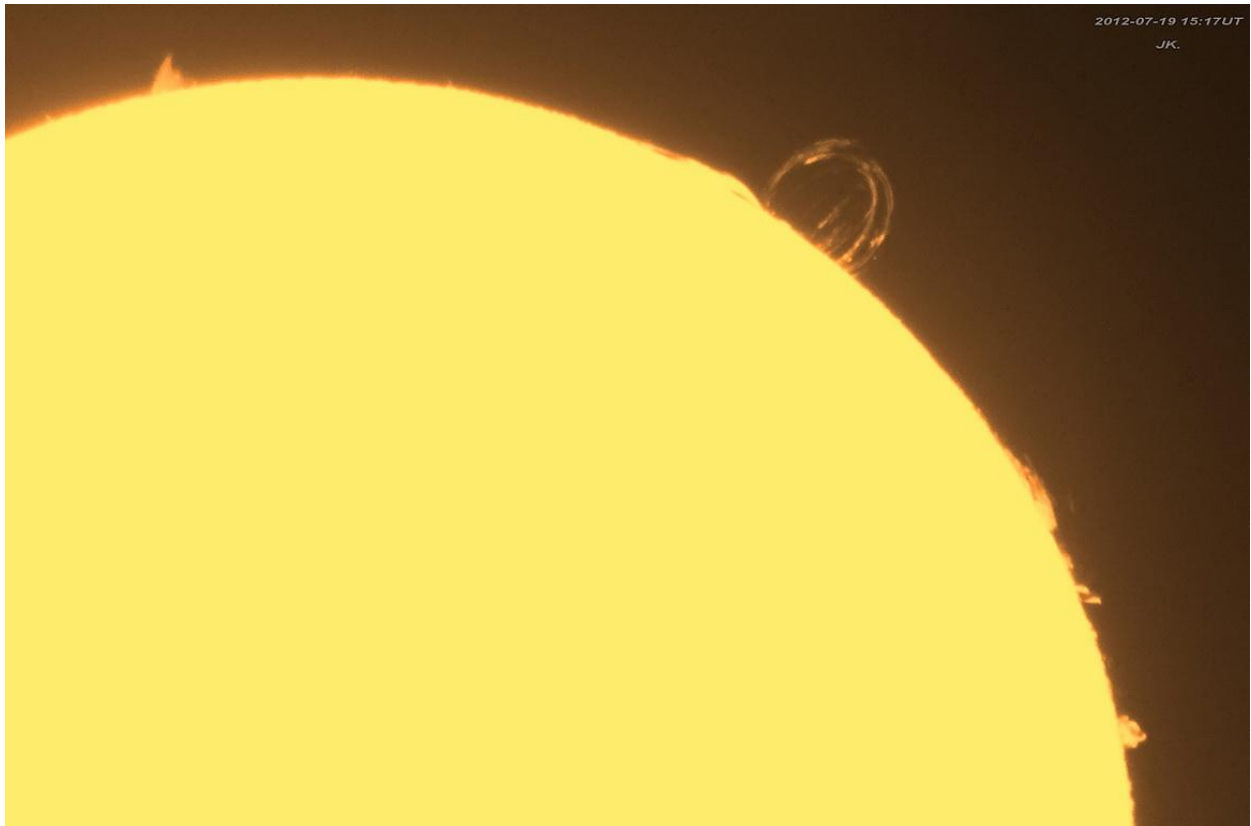


Copyright: Oliver Hardy

A Nap korongján látható, hosszan elnyúló filament. (APOD, Oliver Hardy)

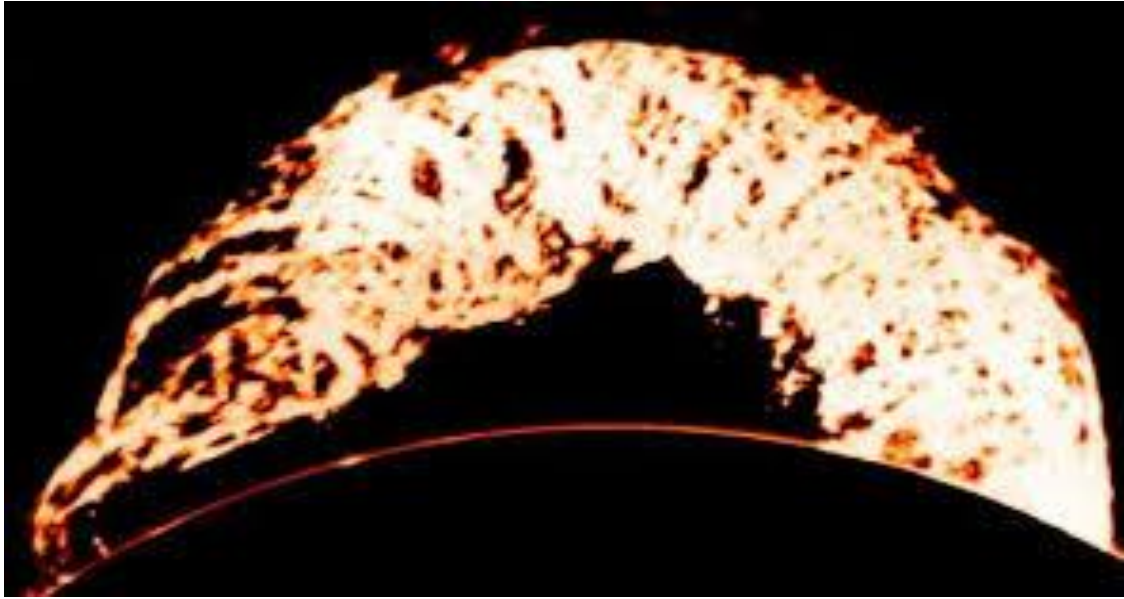
Ha a korong peremére kerülnek, akkor mint magasba törő lángnyelvek figyelhetők meg. A szemünkkel látható tartományban rózsaszínűek. Innen származik a kromoszféra – a szín szférája elnevezés. Szabad szemmel csak teljes napfogyatkozásakor vehetjük észre ezeket. Megfigyelésükhöz nem olcsó, speciális optikai szűrőre van szükség.

Ezek a jelenségek hatalmas kiterjedésű plazmafelhők, gázhidak. Szerkezetük nagyszerűen kirajzolja a Nap mágneses mezejének erővonalait.



A Jónás Károly által készült képen több protuberancia is látható. A jobb felső részen látszik egy hurokszerű. Itt figyelhető meg a legjobban a mágneses mező szerkezete. A gázanyag mozgása az erővonalakat követi. Visszáramlik oda, ahonnan elindult.

A nyugodt protuberanciákra az jellemző, hogy a gázanyag a kromoszférába felnyúló mágneses erővonalköteg közepén „csücsül”. A protuberancia súlyát az erővonalköteg, mint valami benyomott rugó meg tudja tartani. Egy idő elteltével a plazma az erővonalak mentén visszaáramlik csillagunk felszínére. Ezek élettartama több hétre is elnyúlik.



Egy hatalmas méretű gázhíd, protuberancia. Érdekes megfigyelni a mágneses mező szerkezetét, melyet a forró gáz „rajzol ki”.

hívjuk. Sokkal izgalmasabb jelenségnek lehetünk tanúi, amikor egy ilyen plazmahíd – a mágneses mező instabilitása miatt – felrobban! Ekkor az erővonalkötegek elpattannak, mintha elvágták volna ezeket, és a gázanyag nagy sebességgel kirepül a bolygóközi térbe. Ezeket *eruptív protuberanciáknak* nevezzük. A felszálló, elszálló gázanyag sebessége jócskán meghaladja a Napon érvényes szökési sebesség értékét, ez 620 km/s! (A földi érték roppant szerény – mindössze 11,2 km/s.) A kirobbanó gáz sebessége az 1000 km/s-os értéket is felülmúlja.

Ez egy olyan folyamat, melyet nyilván nem lehet egy felvétellel (fényképpel) megmutatni, de az APOD-ra több ilyen kisfilmet töltöttek fel. Lásd: 2011. március 7. Ezt úgy lehet megtalálni, hogy az archive menüpontra kattintunk és visszalapozunk a kívánt naptári időpontig.

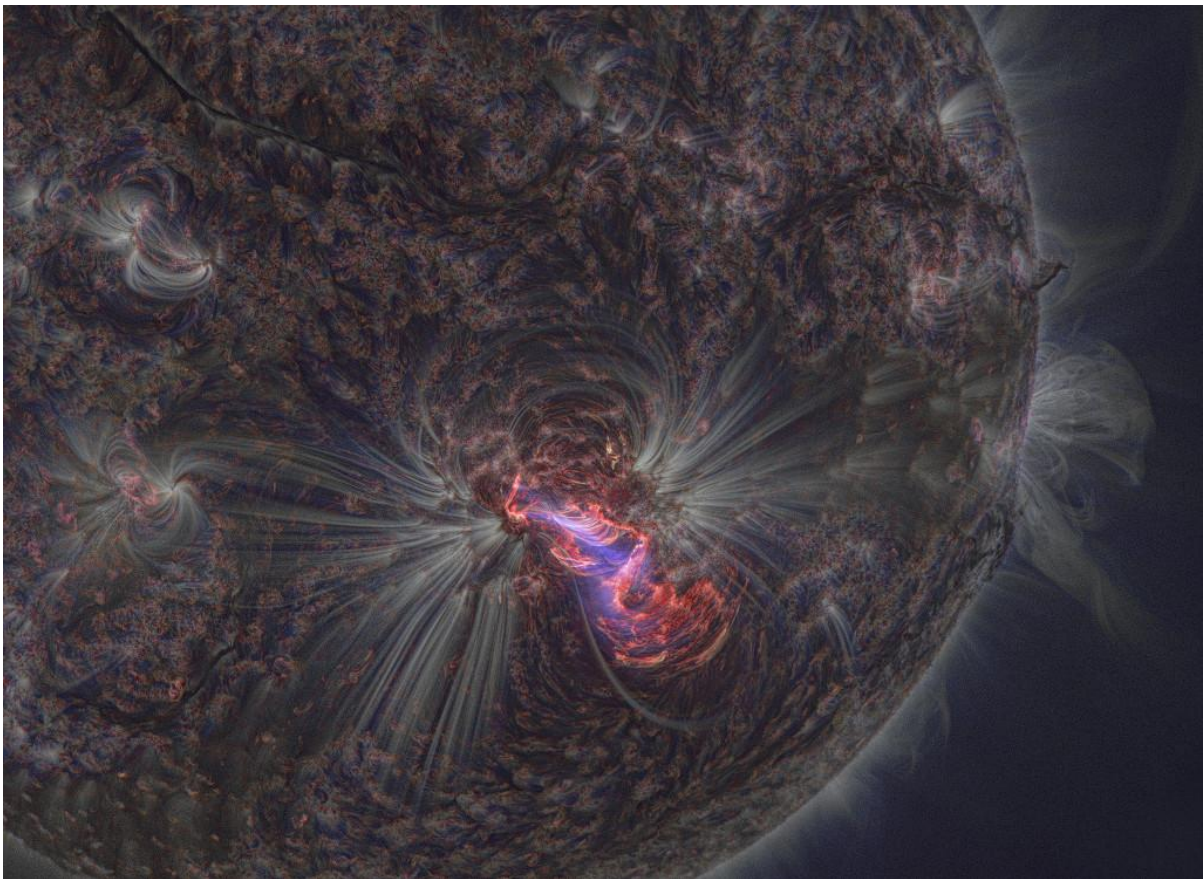
A naptevékenység, a földi életre is befolyással bíró jelenségei a kromoszférában jönnek létre. Ezek a napkitörések (flerek, erupciók). Egy bonyolult mágneses szerkezetű napfolt fölötti terület hirtelen kifényesedéseként figyelhetők meg.

Az első napkitörést – a feljegyzések szerint – 1859. szeptember 1-jén figyelte meg R.C. Carrington (1826-1875) angol csillagász, és a szintén angol R. Hodgson.

Carrington éppen a napfoltokat rajzolta, amikor az egyik foltcsoportban két fényes területet pillantott meg. A fényességük gyorsan nőtt, majd néhány perc múlva elenyésztek. Carrington azt is feljegyezte, hogy kb. fél nappal később mágneses vihar és sarki fény volt megfigyelhető, de ő még nem ismerte fel a jelenségek közötti összefüggést.

A napkitörés egy roppant nagy energia felszabadulással járó folyamat. Ekkor néhány óra során 10^{26} J energia értékkel kell számolnunk, ami a csillagunk által másodpercenként kisugárzott energiának felel meg. Ezt a hatalmas energiát a foltcsoportok mágneses mezeje tartalmazza. A napkitörések a bonyolult mágneses szerkezetű foltcsoportokhoz kapcsolódnak. Az egymással ellentétes polaritású, de különböző térerősségű, közeli napfoltok mágneses mezejének találkozása is létrehozhatja ezeket. A legtöbb fler a naptevékenységi maximum időszakában fordul elő. A szemünkkel látható optikai tartományban csak ritkán figyelhetők meg. Ezeket *fehér flereknek* nevezzük. A szerzőnek kétszer sikerült ilyen elcsípnie. Mindkét alkalommal úgy nézett ki, mintha egy természetes napfolt umbráját kilyukasztották volna. Igen gyorsan lejátszódó felfénylést lehetett látni, amely vékony, vonalszerű alakzatot mutatott. Érdekes tehát az aktivitási maximum idején – mely akár egy évig is eltart – folyamatosan figyelni csillagunk felszínét. Ha szerencsénk van, akkor láthatunk egy napkitörést.

Egy ilyen jelenség során megerősödik a Nap rádió-, ultraibolya- és röntgensugárzása. Töltött részecskék nagy sebességű árama indul el. Ezek elektronok, de van olyan eset is, amikor protonok száguldanak – majdnem fénysebességgel – a bolygóközi téren át. Ezeket proton-flereknek



Egy napkitörés pillanata. A fler egy aktív terület fölött jött létre. Érdekes megfigyelni a mágneses mező szerkezetét! (APOD, Miloslav Druckmüller)

Csillagunk légkörének legkülső tartománya korona. Fénye oly halvány, hogy csak a teljes napfogyatkozás során láthatjuk szabad szemmel. Ma már a *koronográf* lehetővé teszi, hogy mesterséges fogyatkozást hozzunk létre. Ezzel a speciális műszerrel a korona Naphoz közelebbi területe tanulmányozható. Magyarországon Debrecenben van ilyen tudományos berendezés.

A napkorona egyre ritkuló anyaga folyamatosan megy át a bolygóközi tér anyagába, ezért nem lehet pontosan kijelölni a határát.

Hőmérséklete 1-2 millió K. Ez a magas hőmérsékleti érték a korábban említett akusztikus és mágneses „fűtés” következménye.

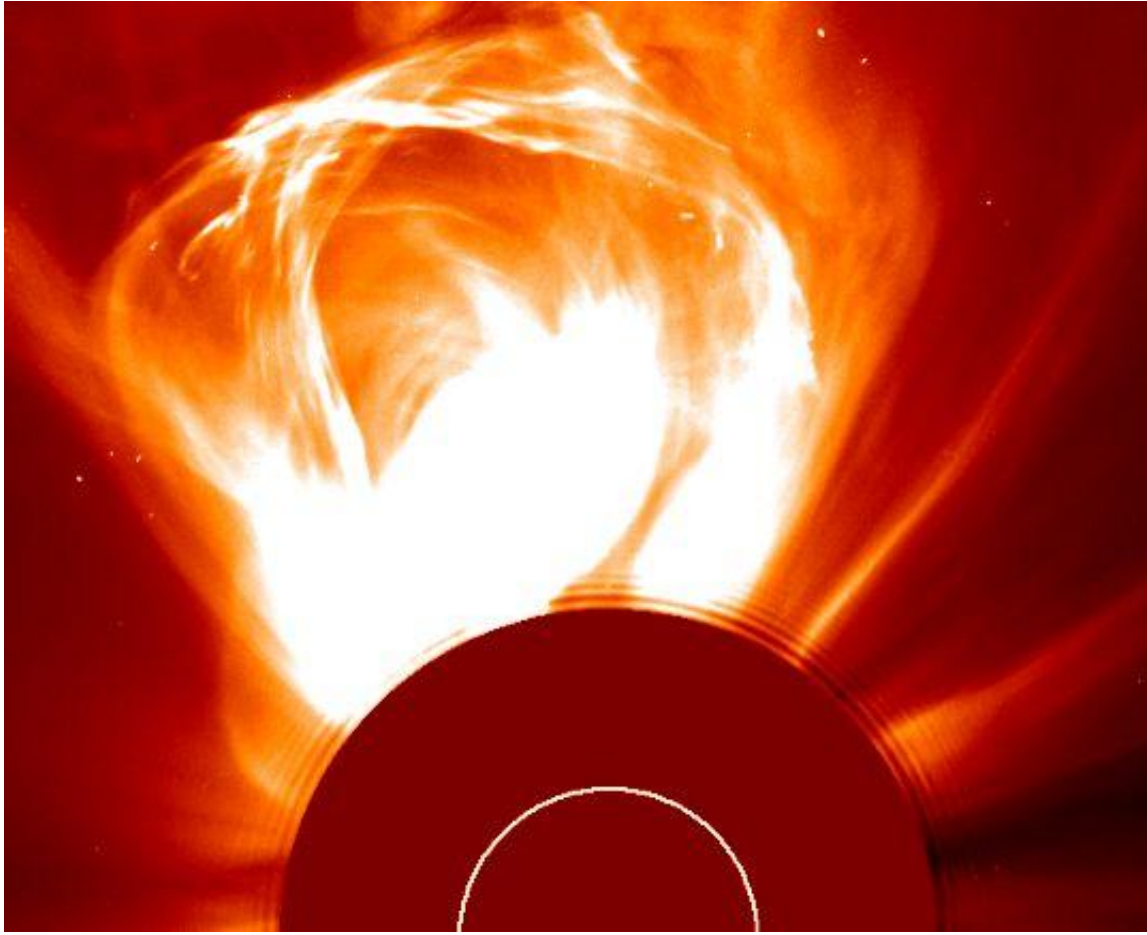
Változó alakját a naptevékenység alakítja. Maximumkor gömbszimmetrikus, minimumkor viszont elnyúlt alakban látható.

A koronából folyamatosan anyagáramlás indul ki, ez a *napszél*. Az ezt alkotó részecskék sebessége a Föld távolságában 400 km/s sebességgel halad.

A Naprendszerből kifelé tartó négy űrszondák a nagybolygóknál távolabbi térségben is kimutatták ezeket a részecskéket.

A Naptól valamennyi kidobott anyag a koronán halad keresztül. Az 1970-es évek elején fedezték fel azt, hogy a koronában ún. lyukak találhatók (*koronalyukak*). Ezeken keresztül távozik csillagunk anyaga a világűrbe. Ezeken a helyeken a Nap mágneses mezeje nyitott, így leginkább a pólusai közelében fordulnak elő ezek területek. A napszél is innen „fúj”.

Csillagunk viselkedését már több, mint 20 éve figyeli a SOHO űrszonda. Állandóan követi az *űridőjárást*. Fantasztikus képeket és kisfilmeket láthatunk a NASA honlapjának belül, melynek az egyik linkje tartalmazza ezeket.



A SOHO által készített képen egy eruptív jelenséget láthatunk. A korong csillagunk izzó felszínét takarja ki. Érdeemes figyelni a folyamatosan kiáramló anyagra is. (APOD, 2000. március 4.)

A Nap és a Föld kapcsolata.

A naptevékenység – a Nap valamennyi jelensége – hatást fejt ki a földre. Ezek a behatások sokrétűek. Látványos megjelenésük a Föld mágneses mezejében megfigyelhető változások és a sarki fény jelenségének kialakulása révén nyilvánulnak meg.

A feljegyzések szerint – 1741. március 1-jén *Anders Celsius* (1701-1744) svéd csillagász figyelt fel arra, hogy a sarki fény megjelenésekor (Svédország magas északi szélességen terül el) a mágnesű iránya ingadozó mozgást mutatott. A későbbiek során egyre többen kapcsolódtak be ezekbe a kutatásokba. Felismerték, hogy a napfolt ciklusokkal hozhatók összefüggésbe a fenti jelenségek.



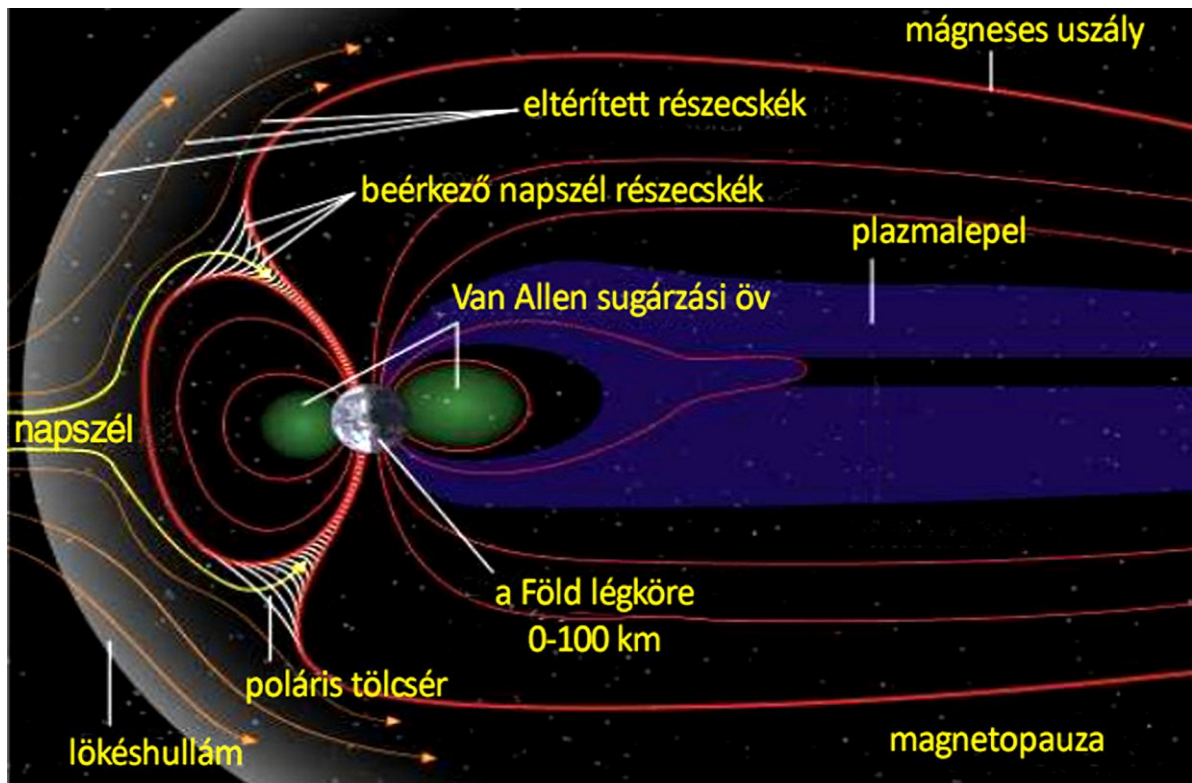
Az északi fény, azaz sarki fényjelensége Norvégia egén. Érdeemes megfigyelni a különböző színeket és azt, ahogyan a fényjelenség kirajzolja a földi mágneses mező erővonalait. (APOD, Sebastian Voltmer.)

A Nap-Föld kapcsolatok kutatásának területén az űrkutatás gyökeres változást hozott. Az 1958. év a Geofizika Nemzetközi Éve volt. Ekkor került Föld körüli pályára az USA első mesterséges holdja, az *Explorer-1*. Mérései révén megtudtuk, hogy bolygónkat sugárzási övezetek veszik körbe, ahol a Naptól származó töltött részecskék áramlásai figyelhetők meg. Ezek bolygónk mágneses csapdájába kerülnek. A nevük: *Van Allen övezetek*. Az elnevezés onnan származik, hogy a műholdon elhelyezett mérőműszereket *James Van Allen* (1917-2006) holland fizikus tervezte. Ezzel vette kezdetét a bolygónkat védő magnetoszféra kutatása.

A Föld mágneses mezeje egy rúd-mágneséhez hasonló. Eredetét – többek között – a dinamó modell segítségével magyarázzák. A mag anyaga magas hőmérsékletű, ezért az ott lévő legnagyobb sűrűségű tartomány képlékeny állapotban van. Természetesen elektromos töltésű részecskék is megtalálhatók itt, melyek áramlása – ismét az indukcióról van szó – mágneses mezőt hoz létre. A mozgási indukcióban fontos szerep jut az árapály-hatásnak.

Érdeemes felfigyelni arra, hogy a kőzetbolygók közül a Föld mágneses mezejének erőssége a legnagyobb. A Merkúr és a Vénuszé csekély erősségű. A Marsnak két morzsányi holdja

van, a mágneses mezejének ereje szintén csekély értékű a miénkhez képest. Ezzel szemben az óriásbolygóké sokszorosán meghaladja a földi értéket. Sok hold kering mindegyik körül.



A Föld magnetoszférájának részletes szerkezete.

A fenti illusztráción jól látható, hogy mágneses mezőnk pajzsként védelmezi az élővilágot. A mágneses mező Nap felőli oldalán van a *lökéshullám front*. Itt a napszél részecskéinek sebessége meghaladja az adott közegbeli hang sebességét, ezért jön létre egy állandósult lökéshullám zóna, mely kb. 700 kilométerrel húzódik a felszín fölött. Ennél távolabb a napszél uralkodik, a Föld felőli részen pedig a mágneses mező határozza meg a folyamatokat. A kettő között egy átmeneti tartomány van. Amikor a Nap nyugodt, akkor ez a szerkezeti kép nem változik. Ha azonban csillagunk aktív, pl. *napkitörések* történnek, akkor a nagy sebességű anyagfelhők áttörik ezt a „védelmet”, és a mágneses sarkok közelében mélyen behatolnak a légkörbe. Ekkor keletkeznek a *mágneses viharok*. Ilyen esetekben a sarki fény jelensége – mely a skandináv országok és Kanada északi területeinek égboltján mindennapos jelenség, az ettől délebbre lévő országokból is megfigyelhetővé válik. Pl. a hazai égbolton is sokszor láthattunk már vöröses, zöldes színű, folyamatosan változó alakú fényjelenséget. Van olyan eset is, amikor egy hatalmas égi függönyre emlékeztet az alakja, mely úgy lobog, mintha „valaki” mozgatná. A vörös és a zöld színt pedig az ionizált oxigén és nitrogén bocsájtja ki. A fényjelenség gyönyörűen kirajzolja a felettünk 100-150 kilométeres magasságban húzódó mágneses mező szerkezetét.

A napkitörések töltött részecskéi *zavarokat* keltenek a pl. a *műholdas kommunikációs rendszerekben*. Ekkor mindig jelentősen nő az ionosféra vastagsága. Ezért a földi rövidhullámú rádió összeköttetés sem lesz zavartalan.

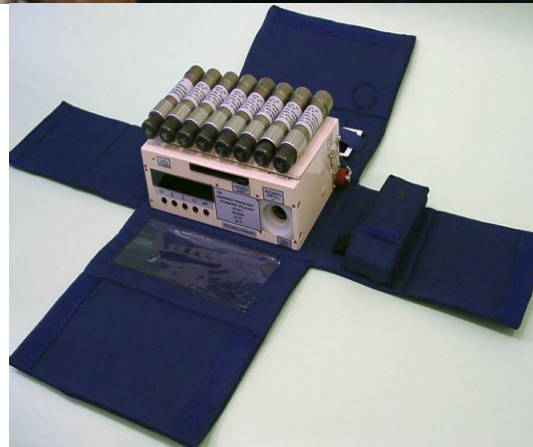
A Föld mágneses uszálya – a *magnetopauza* – a Nappal ellentétes irányban található, és messzire nyúlik bolygónktól.

Bizonyított tény, hogy a proton flerek során megnő az infarktusban elhunytak száma.

A napkitörések élettani hatásával a világűrben tartózkodó űrhajósoknak is szembesülniük kell. Számukra a védelmet az űrhajó, illetve az űrállomás fala nyújtja.

Farkas Bertalan űrrepülése (1980) alkalmából készült el a Pille nevű sugázmérő (doziméter) berendezés. Ez két részből áll. Az egyik az elnyelt sugárzás értékét kiolvasó egység, a másik pedig az ún. kulcs, amelyet ebbe kell illeszteni. Ez egy kövér töltőtoll alakú sugázmérő. A kiolvasott érték megmutatja, hogy az illető űrhajós mekkora ionizáló hatású sugárzásnak (dózisnak) volt kitéve. Ez a hasznos készülék ma már a Nemzetközi Űrállomáson dolgozó űrhajósok személyi felszerelése közé tartozik!

A berendezést a KFKI-RMKI szakemberei fejlesztették ki.



Farkas Bertalan a Szaljut-6 űrállomás fedélzetén használta a Pillét. A Nemzetközi Űrállomásra került kiolvasó egység. A tetején a kulcsok láthatók.

Az űrhajósok testét folyamatosan érik az ionizáló sugárzások, valamint a nagy energiájú kozmikus sugarak. Ezért kiemelt fontosságú, hogy személyre szólóan ismert legyen mindezek együttes értéke.

A Föld körül keringő *űrhajók pályáját* úgy tervezik, hogy a lehető legrövidebb idő alatt haladjanak át a Van Allen öveken, ahol a töltött részecskék zsúfolódnak össze.

Nem véletlen az sem, hogy *a mágneses pólusok közelében – nagy magasságban -- haladó repülőgépek személyzetét sem engedik hosszabb ideig ezen az útvonalon szolgálni.*

A *naptevékenység* és az *időjárás* között van kapcsolat, de ez inkább statisztikai jellegű, ez nem alkalmas a hagyományos előrejelzések elkészítésére. Annyit lehetett megállapítani, hogy napfolt maximum idején a téli időjárás szeszélyesebb, mint minimumkor.

Sok könyvben megemlíti a *Maunder-minimumot*. Az *E. W. Maunder* angol csillagász (1851-1928) tanulmányozta a naptevékenységgel kapcsolatos feljegyzéseket, és felfigyelt arra, hogy *1650 és 1710 között szinte foltmentes volt csillagunk felszíne*. A korabeli feljegyzések szerint az európai időjárás nagyon kellemetlen volt. A telek hosszúra nyúltak, a nyári időszak szinte eltűnt. A gabona nem ért meg. Éhínség sújtotta földrészünket. Néhány szakember ezt *kis jégkorszaknak* nevezte el.

A naptevékenység mértékét néhány fafaj évgyűrűinek vastagsága híven adja vissza. Maximum idején a fák törzse relatíve vastagabbá válik, mint minimumkor.

Egy bizonyos: a klímaváltozásért nem csillagunk felelős, hanem a felelőtlen emberi tevékenység!

Napunk még hosszú évmilliárdokon át biztosítja a földi élet fenntartásához szükséges energiát.