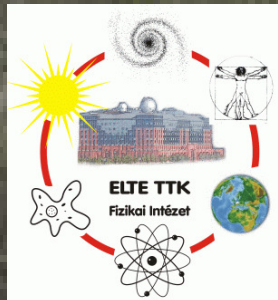




# Az Univerzum anyagai



Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula  
2010. 09. 30.





# Földi anyagok: gyakorlati felhasználás



# Földi anyagok: gyakorlati felhasználás







# Földi anyagok: gyakorlati felhasználás





# Földi anyagok: gyakorlati felhasználás





## Földi anyagok: gyakorlati felhasználás







## Földi anyagok: gyakorlati felhasználás







## Földi anyagok: gyakorlati felhasználás







# Földi anyagok: gyakorlati felhasználás

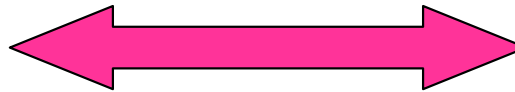




# Földi anyagok: gyakorlati felhasználás



Földi anyagok:  
gyakorlati felhasználás



Kozmikus anyagok:  
elvi érdekesség





Földi anyagok:  
gyakorlati felhasználás

---

miből van?

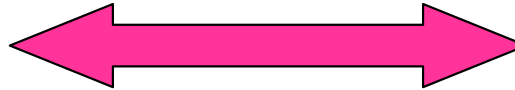
honnan származik?



Kozmikus anyagok:  
elvi érdekesség



Földi anyagok:  
gyakorlati felhasználás



Kozmikus anyagok:  
elvi érdekesség

---

miből van?

honnan származik?

egyszerű  
összetett  
keverék  
vegyület  
stb



Földi anyagok:  
gyakorlati felhasználás

---

miből van?

egyszerű  
összetett  
keverék  
vegyület  
stb

honnan származik?

a Földről

a „**földi fizika**” érvényes rá



Kozmikus anyagok:  
elvi érdekesség

---



Földi anyagok:  
gyakorlati felhasználás

---

miből van?

egyszerű  
összetett  
keverék  
vegyület  
stb

honnan származik?

a Földről

a „**földi fizika**” érvényes rá



Kozmikus anyagok:  
elvi érdekesség

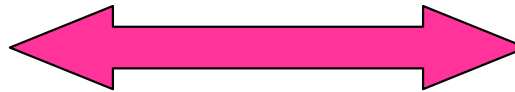
---

égi anyag: „éter”

az „**égi fizika**” érvényes rá



Földi anyagok:  
gyakorlati felhasználás



Kozmikus anyagok:  
elvi érdekesség

miből van?

egyszerű  
összetett  
keverék  
vegyület  
stb

honnan származik?

a Földről

a „**földi fizika**” érvényes rá

égi anyag: „éter”

az „**égi fizika**” érvényes rá

**Görög őselemek:**

föld  
víz  
levegő  
tűz





Földi anyagok:  
gyakorlati felhasználás



Kozmikus anyagok:  
elvi érdekesség

miből van?

egyszerű  
összetett  
keverék  
vegyület  
stb

honnan származik?

a Földről

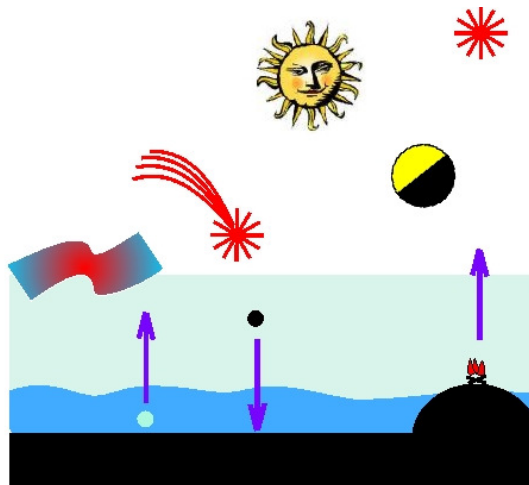
a „**földi fizika**” érvényes rá

égi anyag: „éter”

az „**égi fizika**” érvényes rá

Görög őselemek

föld  
víz  
levegő  
tűz



Ókori fizika:  
a testek természetes  
állapota a  
**NYUGALOM**  
a természetes  
helyükön





Földi anyagok:  
gyakorlati felhasználás



Kozmikus anyagok:  
elvi érdekesség

miből van?

egyszerű  
összetett  
keverék  
vegyület  
stb

honnan származik?

a Földről

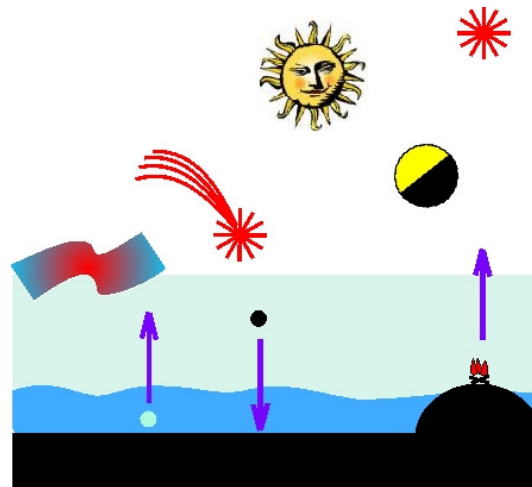
a „**földi fizika**” érvényes rá

égi anyag: „éter”

az „**égi fizika**” érvényes rá

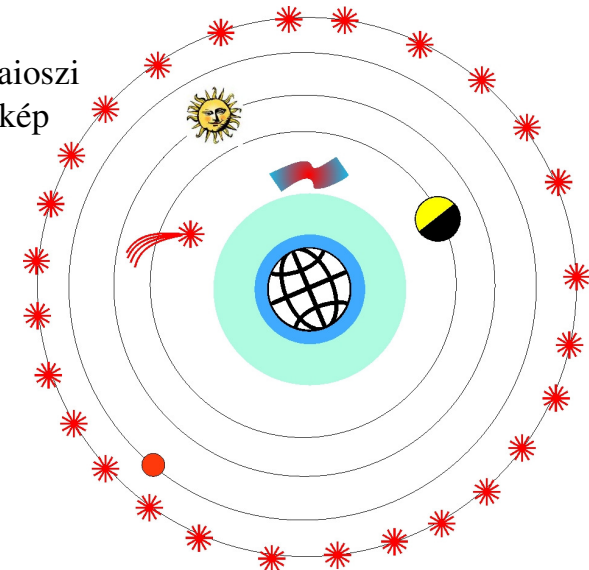
Görög őselemek

föld  
víz  
levegő  
tűz



Ókori fizika:  
a testek természetes  
állapota a  
**NYUGALOM**  
a természetes  
helyükön

Ptolemaioszi  
világkép



# Újkori felfedezés: Newton



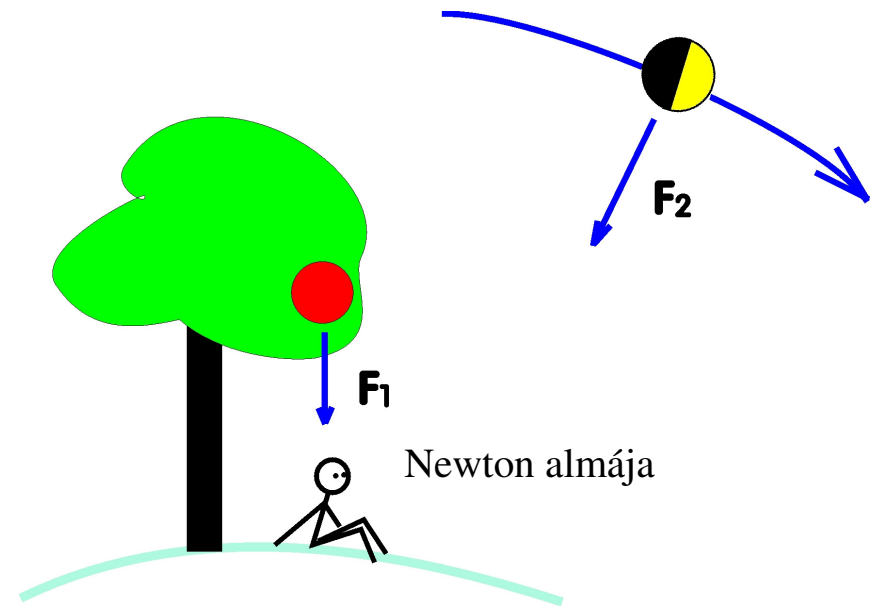


Újkori felfedezés: Newton

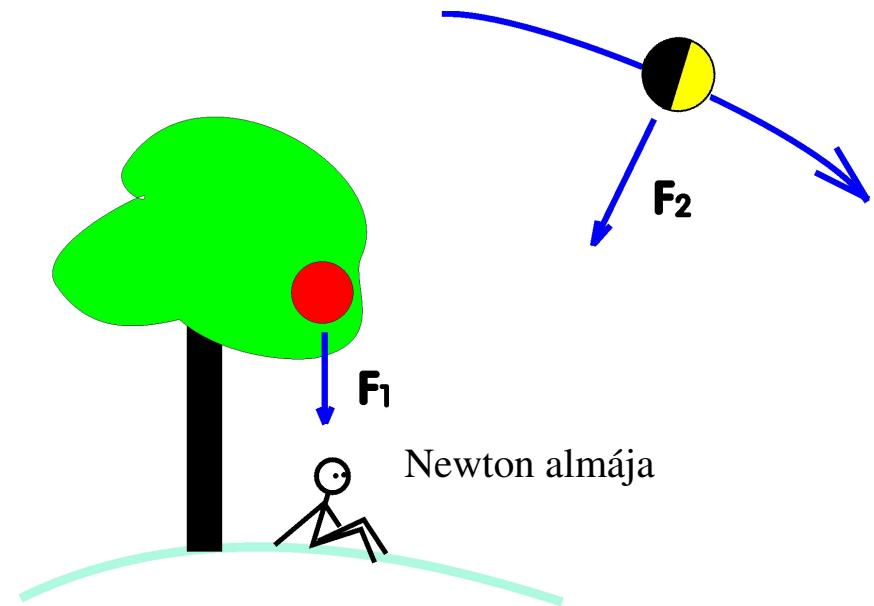
**az égi és földi fizika egysége**



Újkori felfedezés: Newton  
az égi és földi fizika egysége



Újkori felfedezés: Newton  
az égi és földi fizika egysége  
a kémia még különbözik!



Újkori felfedezés: Newton

az égi és földi fizika egysége

a kémia még különbözik!

„**Asztrofizika**”

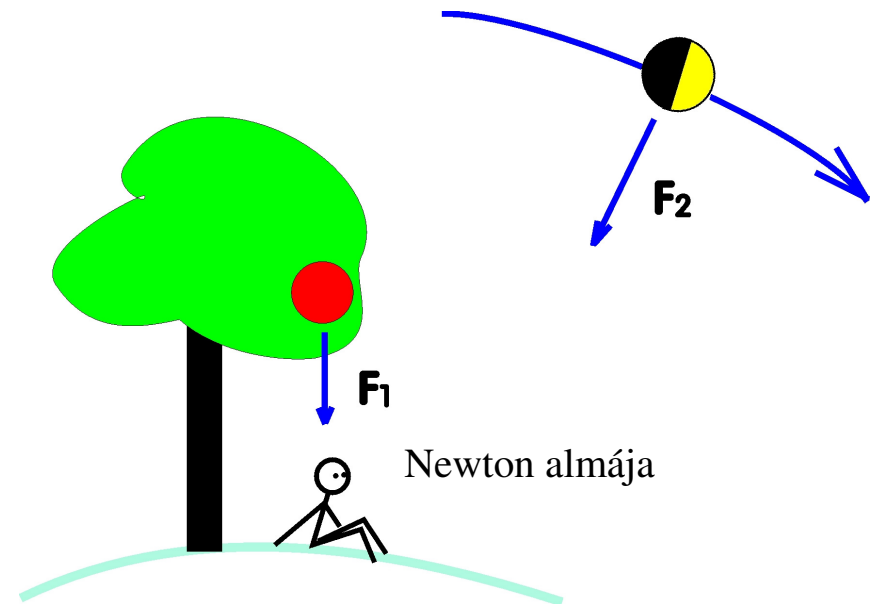
nevű tudomány

**DEFINÍCIÓ SZERINT**

nem létezhet, hiszen a csillagokat nem lehet megtapogatni.

*Neves filozófus*

**1850**



Újkori felfedezés: Newton

az égi és földi fizika egysége

a kémia még különbözik!

„**Asztrofizika**”

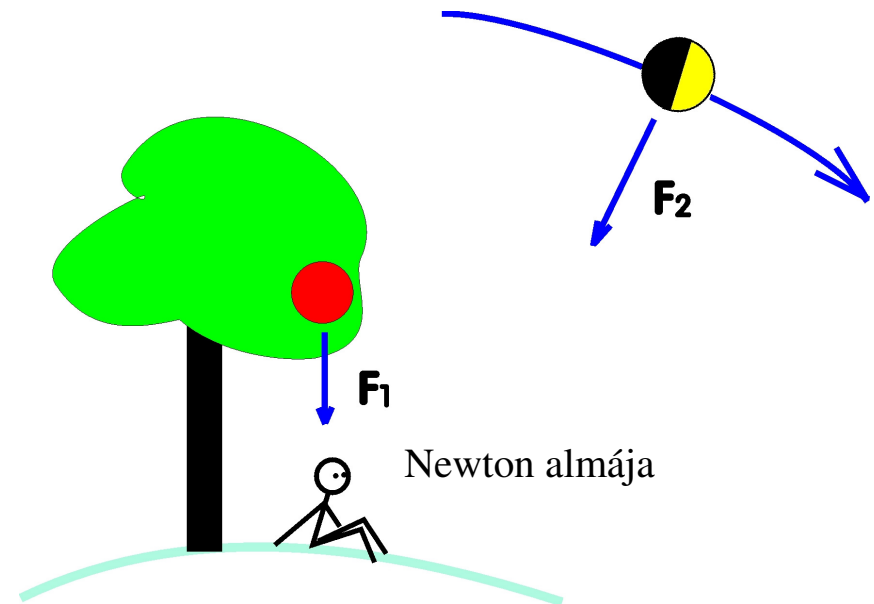
nevű tudomány

**DEFINÍCIÓ SZERINT**

nem létezhet, hiszen a csillagokat nem lehet megtapogatni.

*Neves filozófus*

**1850**



Newton almája

holott : Fraunhofer **1814**

**színképelemzés**

Újkori felfedezés: Newton

az égi és földi fizika egysége

a kémia még különbözik!

„**Asztrofizika**”

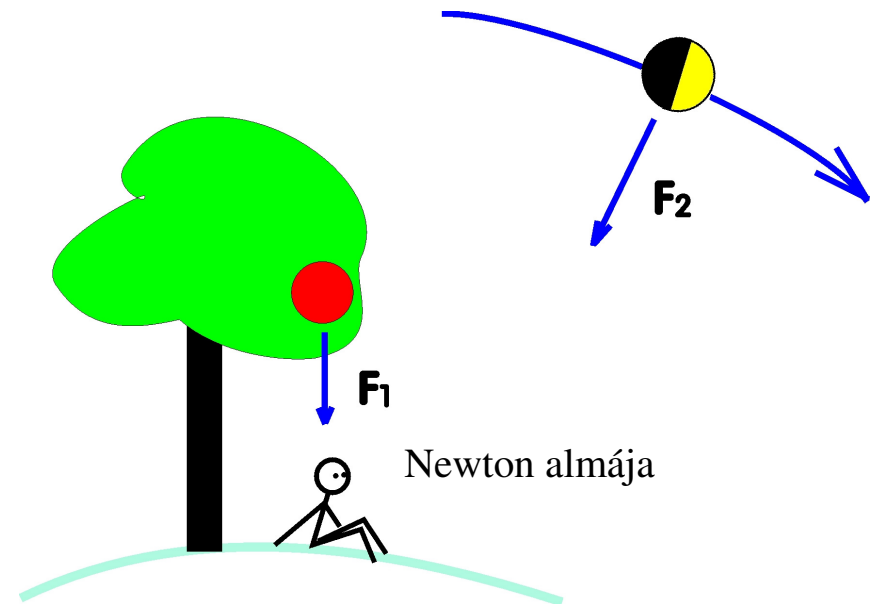
nevű tudomány

**DEFINÍCIÓ SZERINT**

nem létezhet, hiszen a csillagokat nem lehet megtapogatni.

*Neves filozófus*

**1850**



Newton almája

holott : Fraunhofer **1814**

**színképelemzés**



Újkori felfedezés: Newton

az égi és földi fizika egysége

a kémia még különbözik!

„**Asztrofizika**”

nevű tudomány

**DEFINÍCIÓ SZERINT**

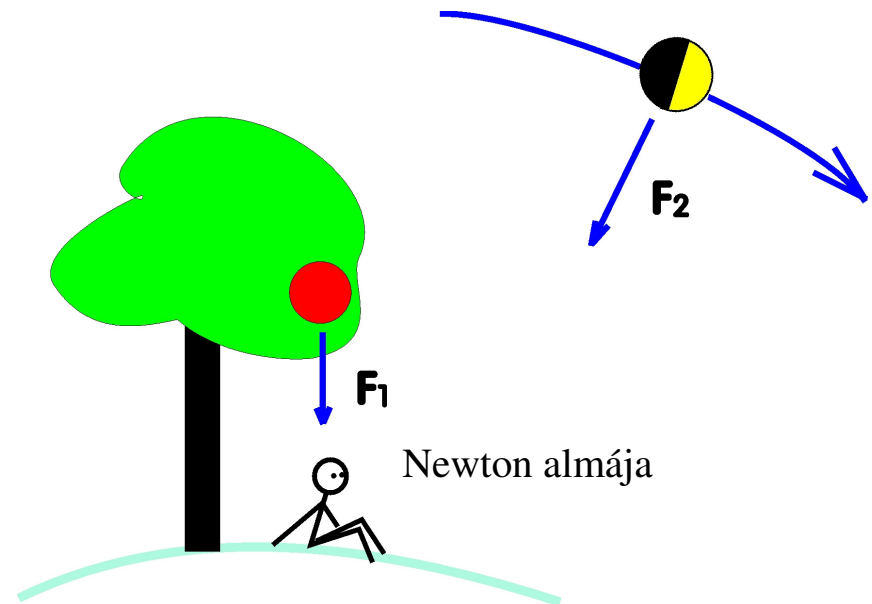
nem létezhet, hiszen a csillagokat nem lehet megtapogatni.

*Neves filozófus*

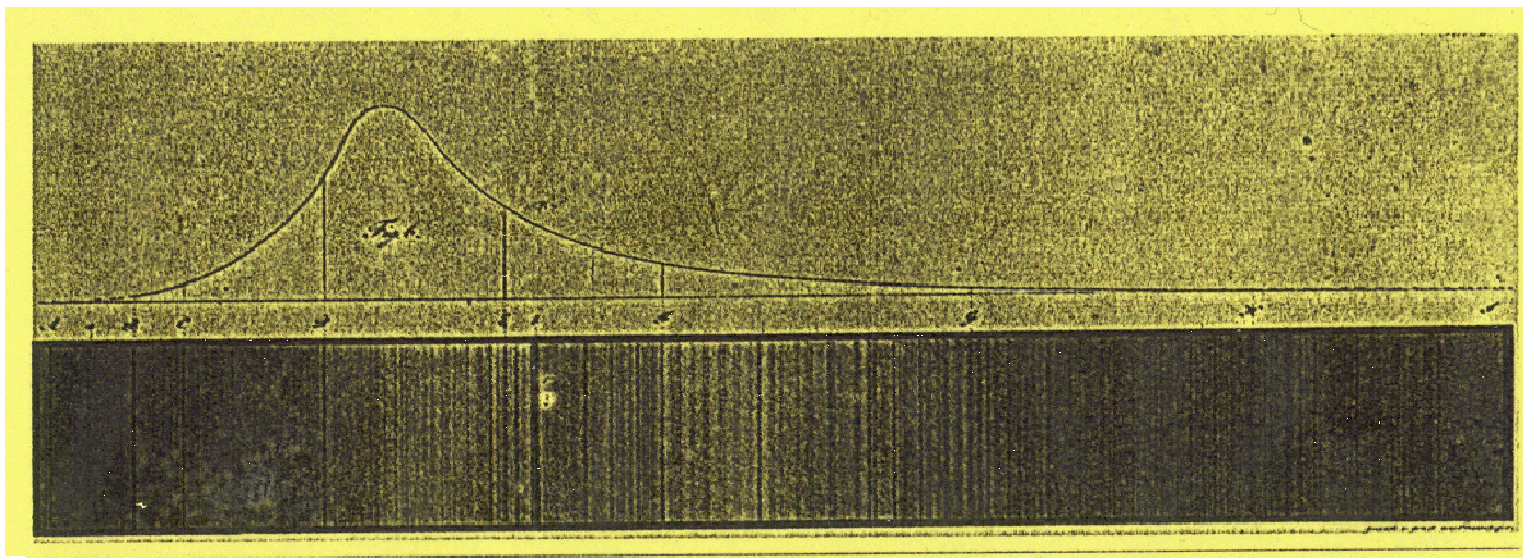
**1850**

holott : Fraunhofer **1814**

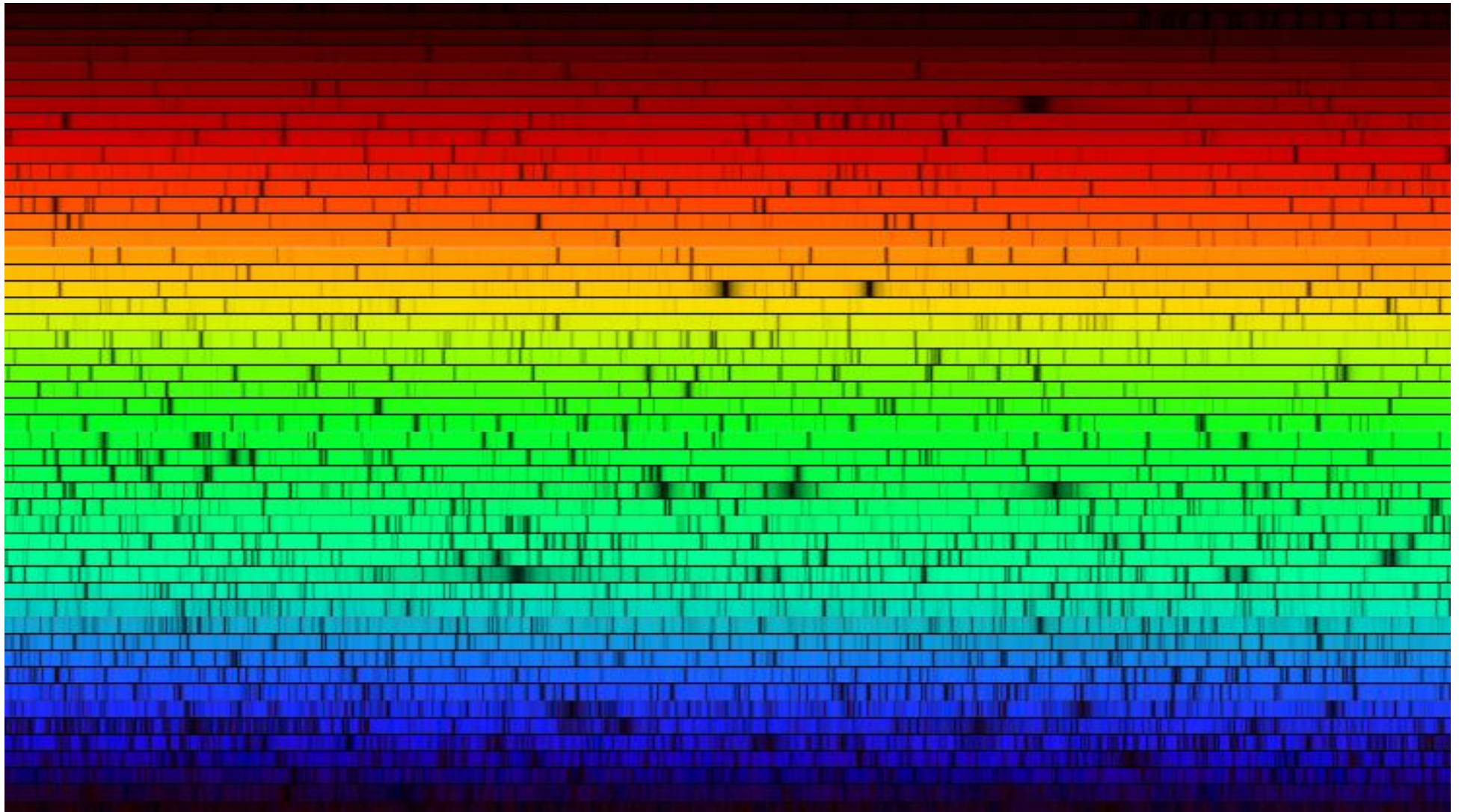
**színképelemzés**



távoli tárgyak  
(pl. a **Nap**)  
spektruma

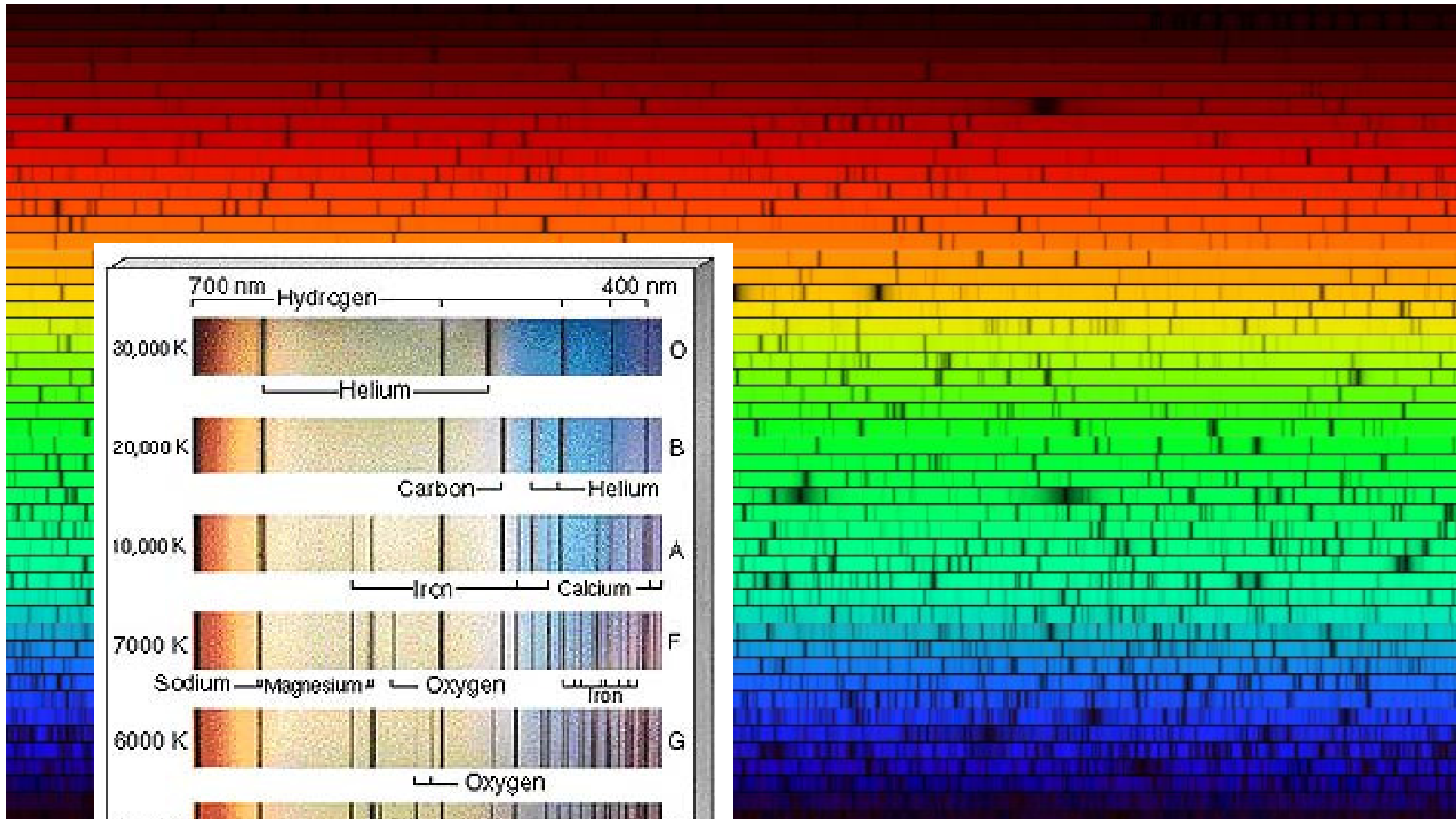




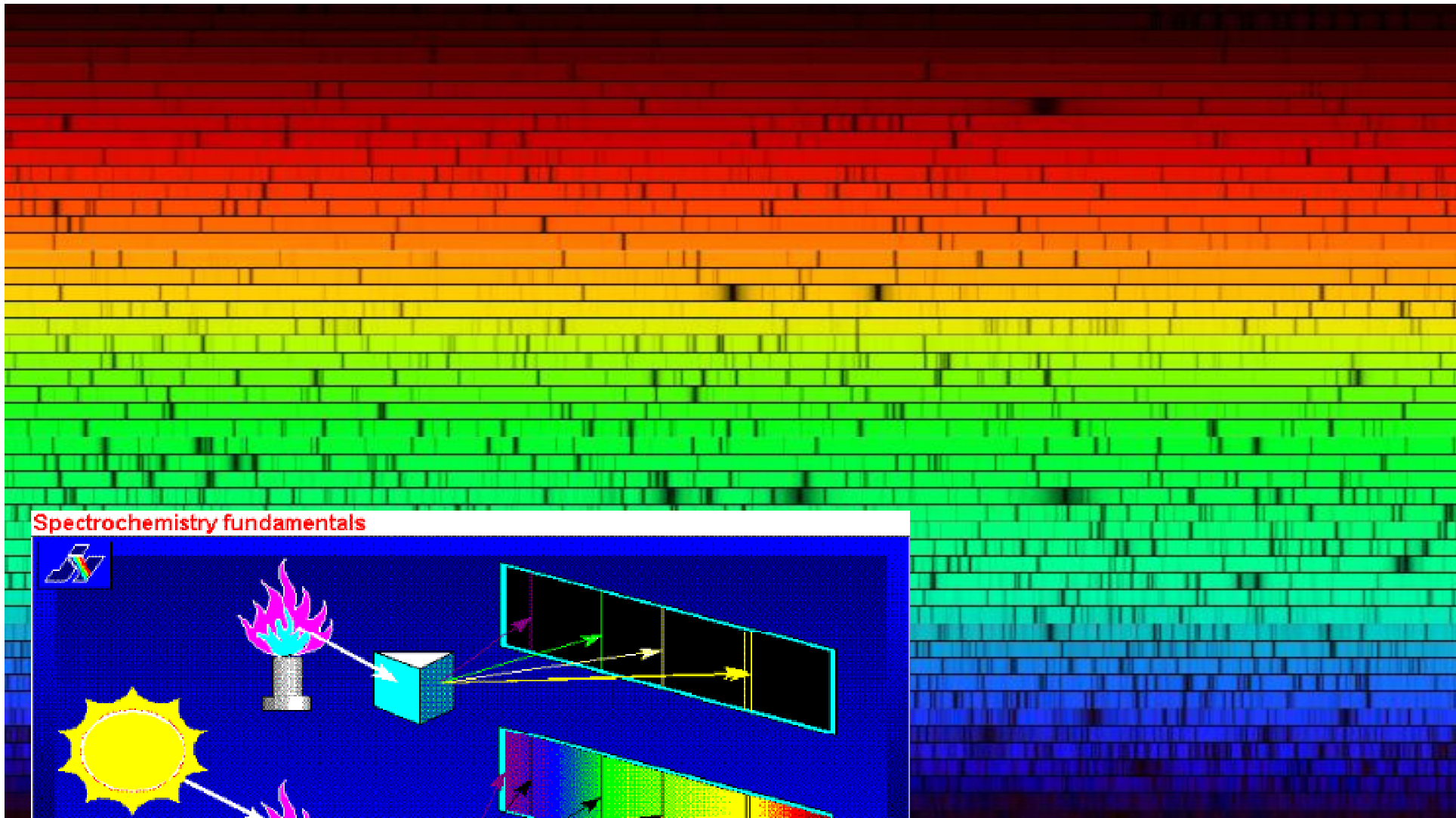


a Nap spektruma  
mai felvételen

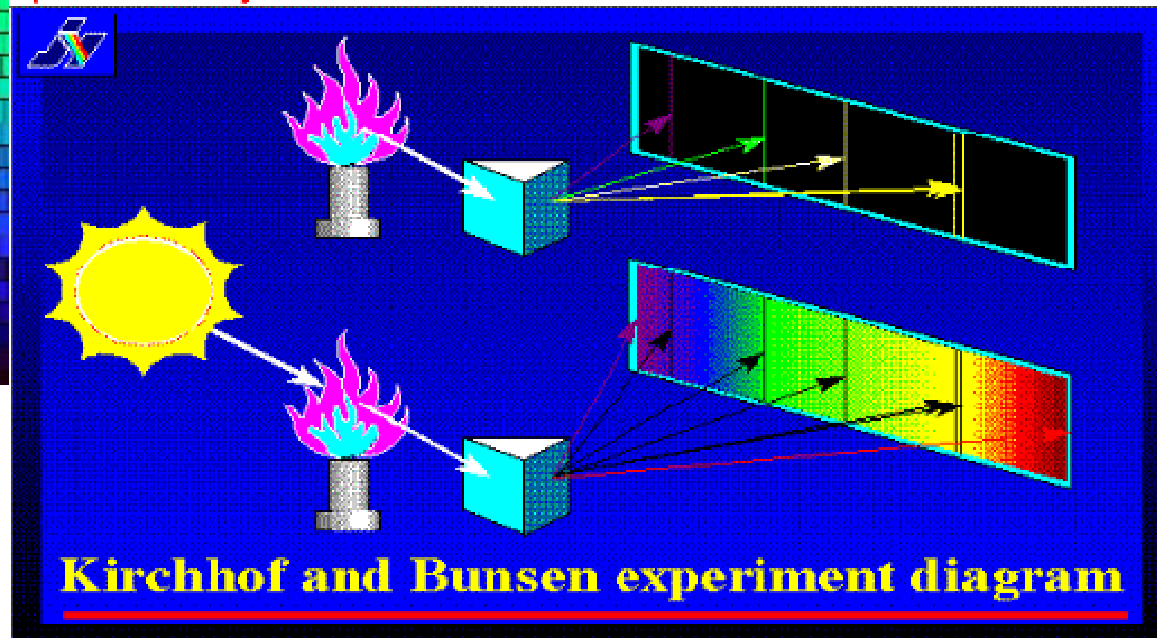




a Nap spektruma  
mai felvételen



Spectrochemistry fundamentals

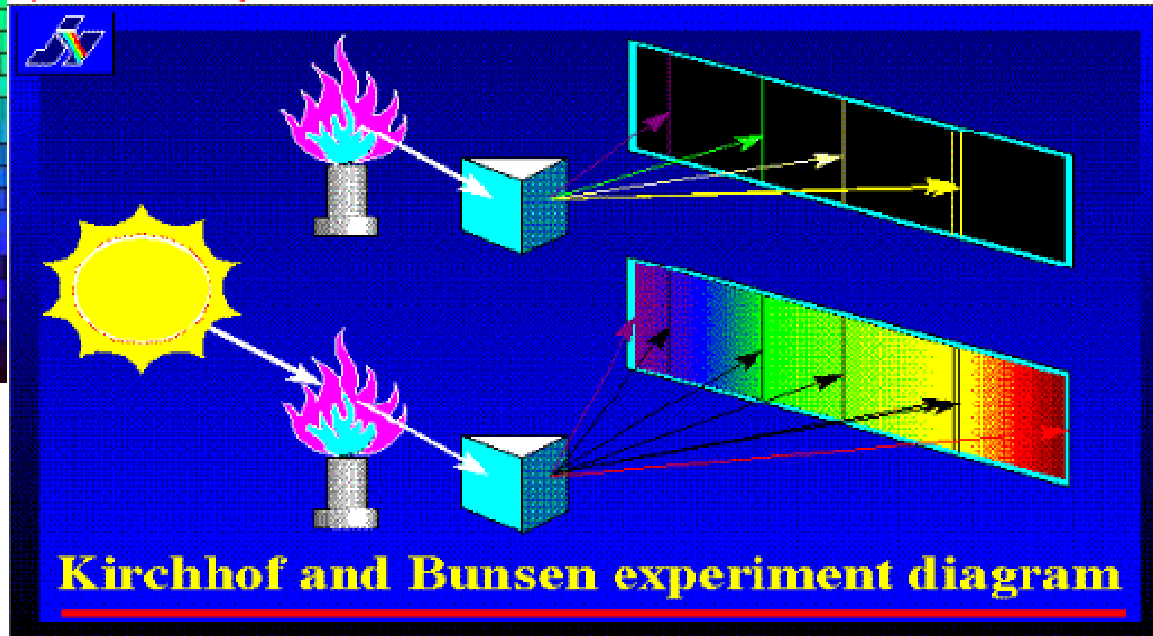


a Nap spektruma  
mai felvételen



ugyanazok az anyagok, mint a Földön!

Spectrochemistry fundamentals

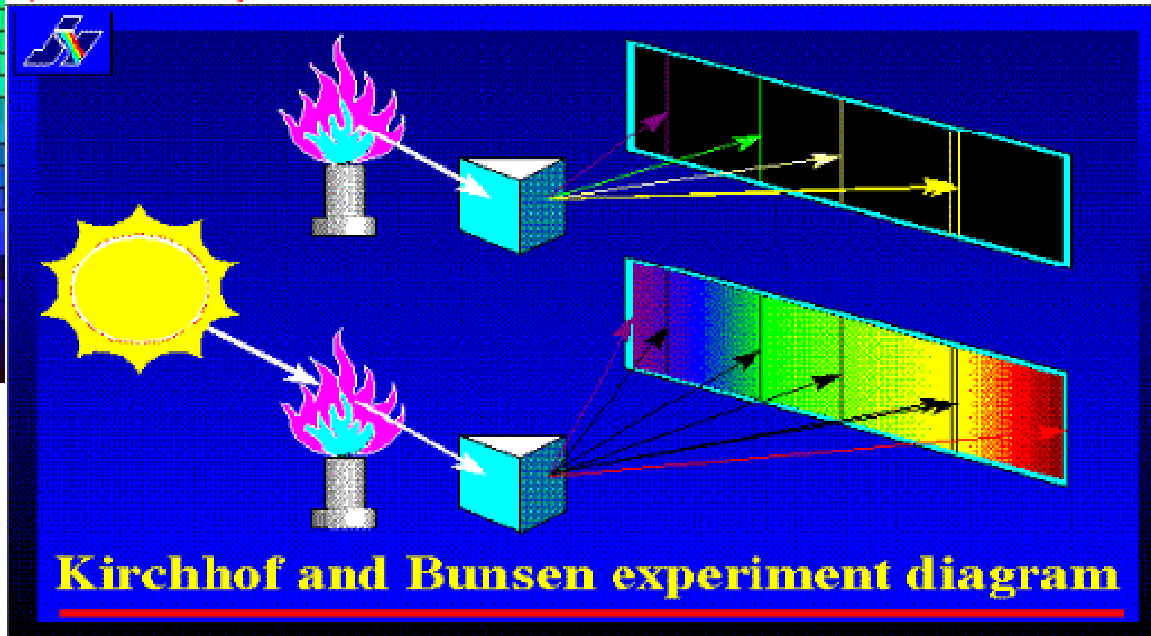


a Nap spektruma  
mai felvételen

ugyanazok az anyagok, mint a Földön!

ha mégsem:

Spectrochemistry fundamentals



a Nap spektruma  
mai felvételen

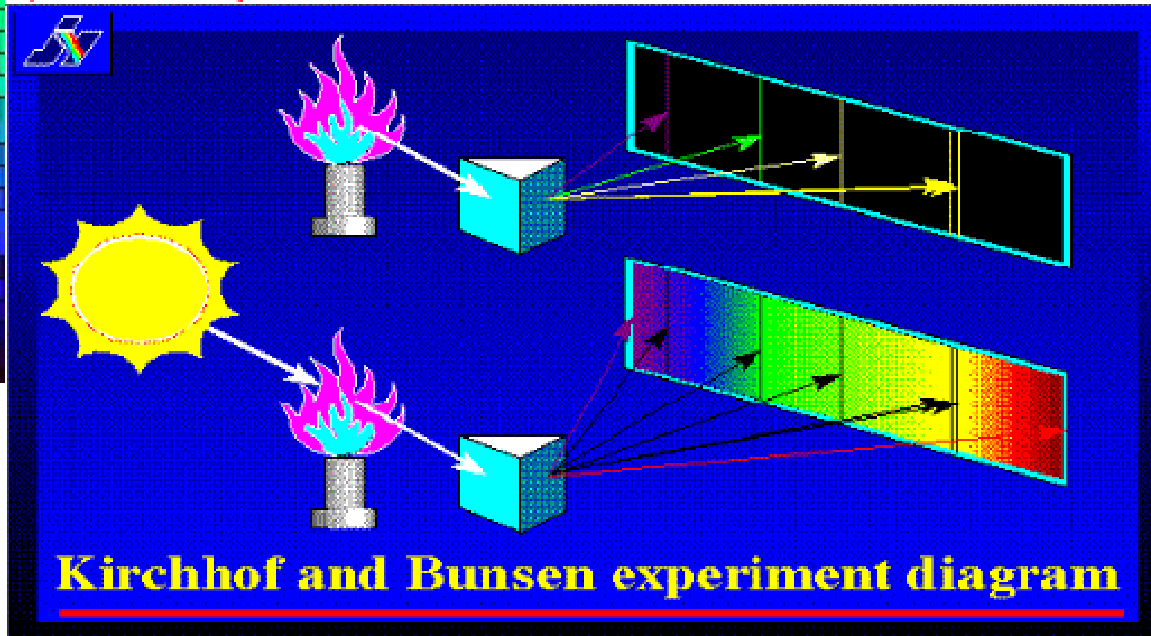


ugyanazok az anyagok, mint a Földön!

ha mégsem:

új elemek a Napban:

Spectrochemistry fundamentals



a Nap spektruma  
mai felvételen

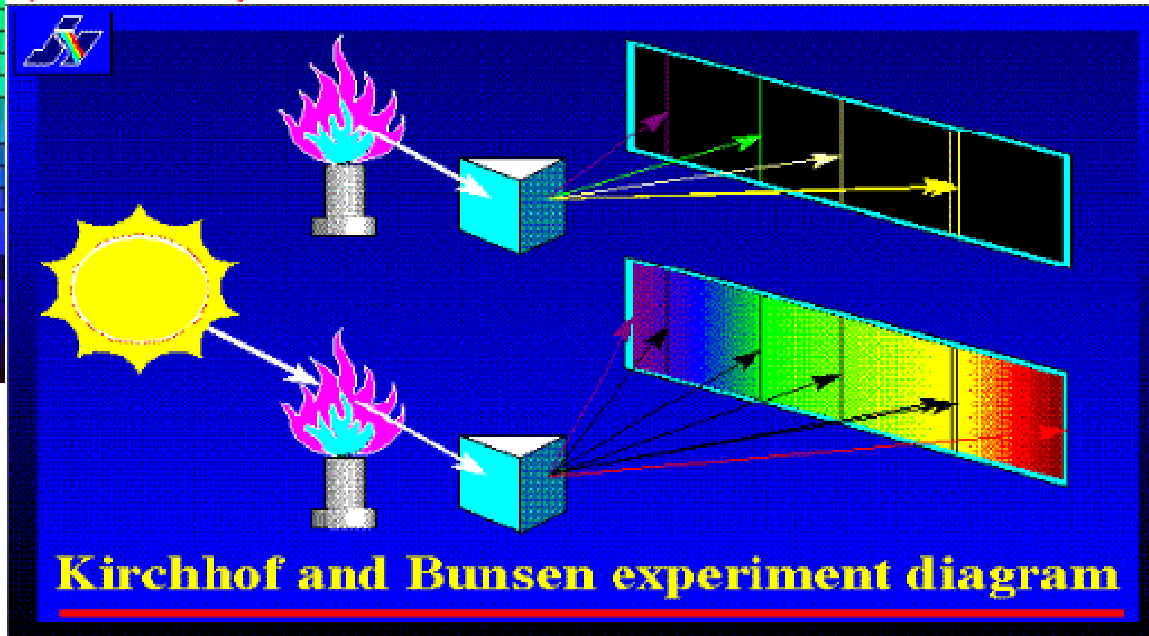
ugyanazok az anyagok, mint a Földön!

ha mégsem:

új elemek a Napban:

He

Spectrochemistry fundamentals



a Nap spektruma  
mai felvételen



ugyanazok az anyagok, mint a Földön!

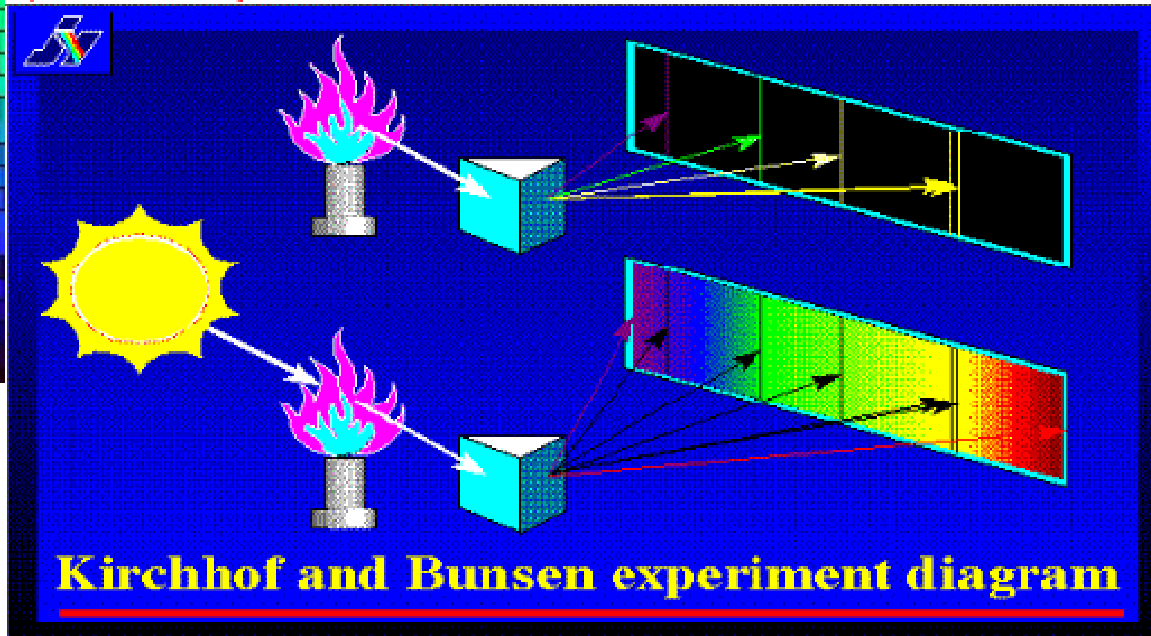
ha mégsem:

új elemek a Napban:

He

megtalálták a Földön is

Spectrochemistry fundamentals



a Nap spektruma  
mai felvételen

ugyanazok az anyagok, mint a Földön!

ha mégsem:

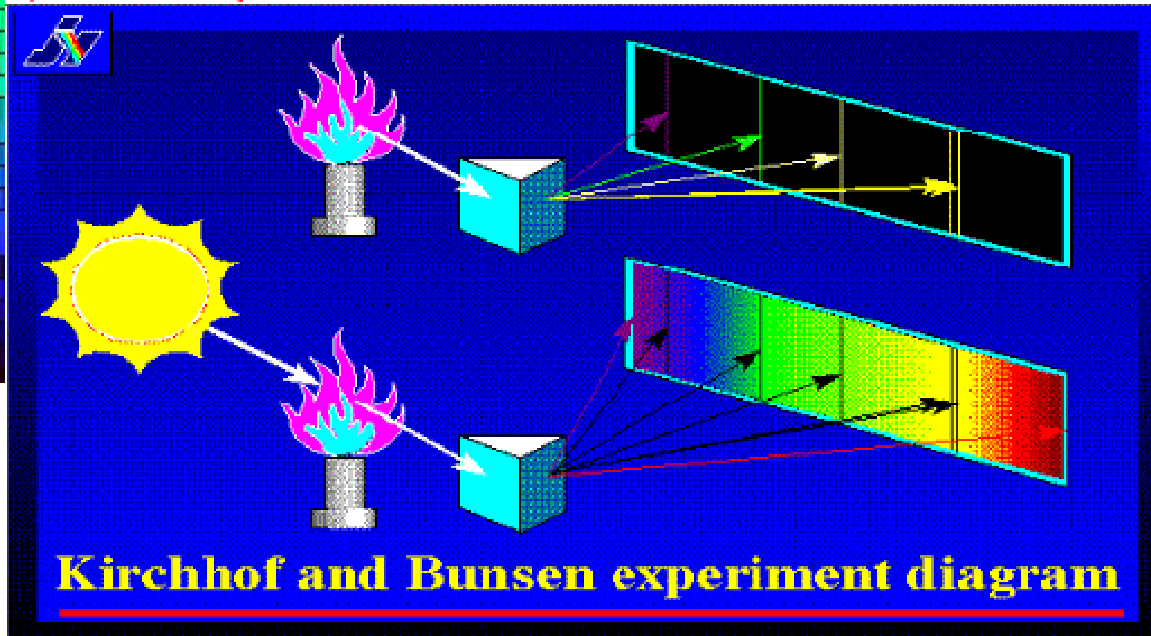
új elemek a Napban:

He

megtalálták a Földön is

Cn

Spectrochemistry fundamentals



a Nap spektruma  
mai felvételen



ugyanazok az anyagok, mint a Földön!

ha mégsem:

új elemek a Napban:

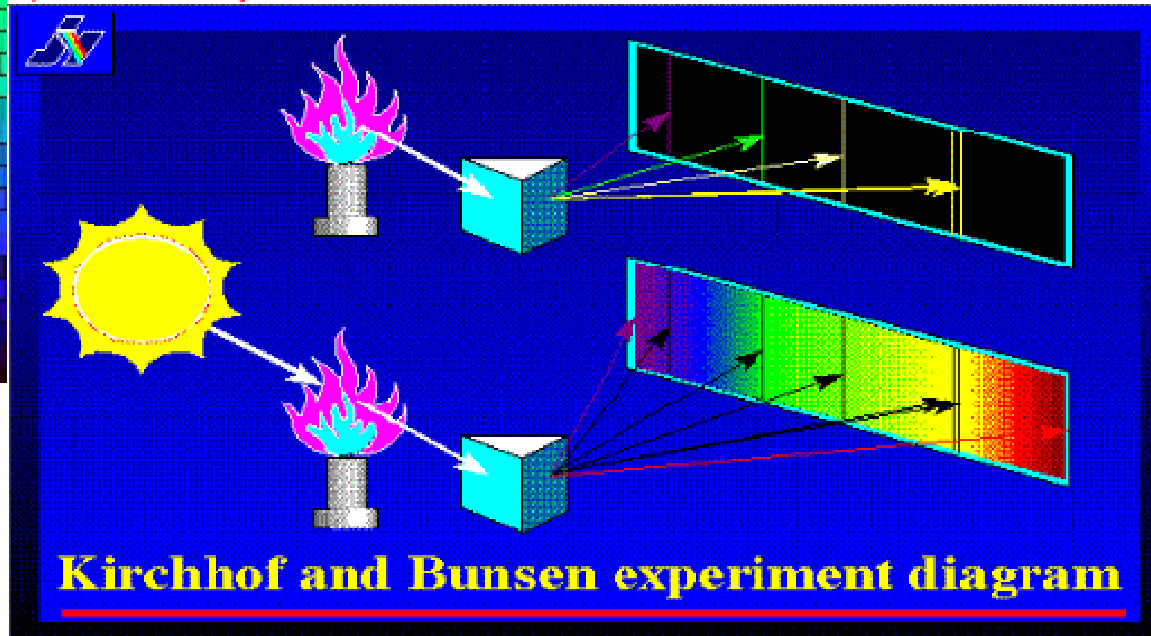
He

megtalálták a Földön is

Cn

igazából sokszor ionizált Fe

### Spectrochemistry fundamentals



a Nap spektruma  
mai felvételen

ugyanazok az anyagok, mint a Földön!

ha mégsem:

új elemek a Napban:

He

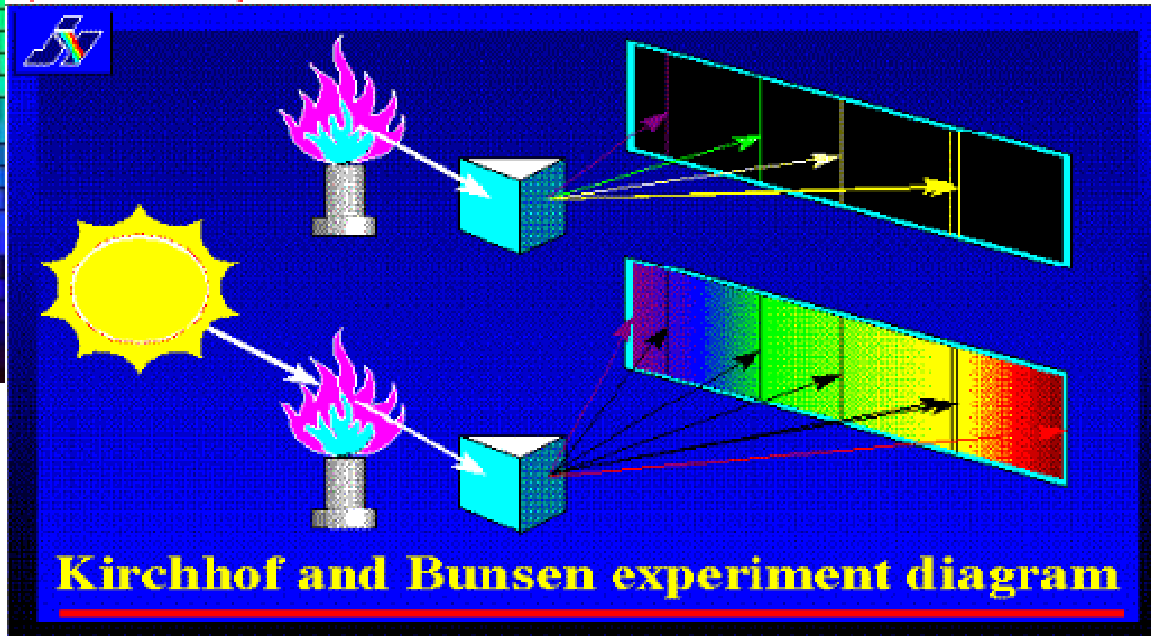
megtalálták a Földön is

Cn

igazából sokszor ionizált Fe

Tc

Spectrochemistry fundamentals



a Nap spektruma  
mai felvételen

ugyanazok az anyagok, mint a Földön!

ha mégsem:

új elemek a Napban:

He

megtalálták a Földön is

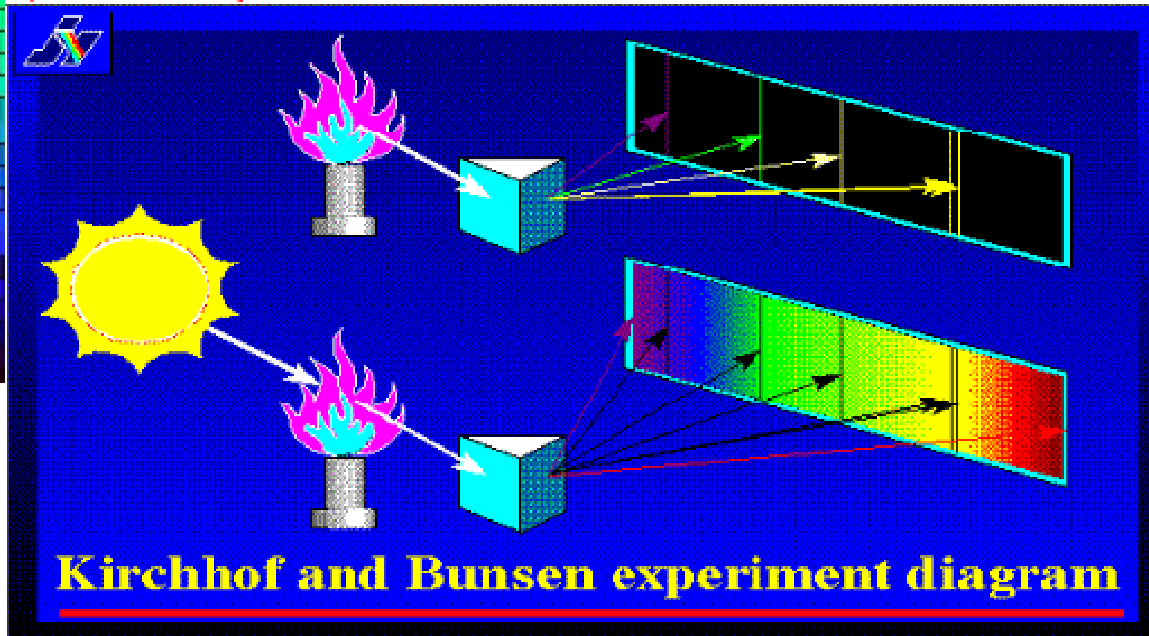
Cn

igazából sokszor ionizált Fe

Tc

mesterséges radioaktív elem

Spectrochemistry fundamentals



a Nap spektruma  
mai felvételen



# Spektroszkópia: **egységes anyag**, egységes fizika



# Spektroszkópia: **egységes anyag**, egységes fizika

Honnan származik?



# Spektroszkópia: **egységes anyag**, egységes fizika

Honnan származik?

a földi szilárd anyag nagy  
része a Föld belsejéből





# Spektroszkópia: **egységes anyag**, egységes fizika

Honnan származik?

a földi szilárd anyag nagy  
része a Föld belsejéből



# Spektroszkópia: **egységes anyag**, egységes fizika

Honnan származik?

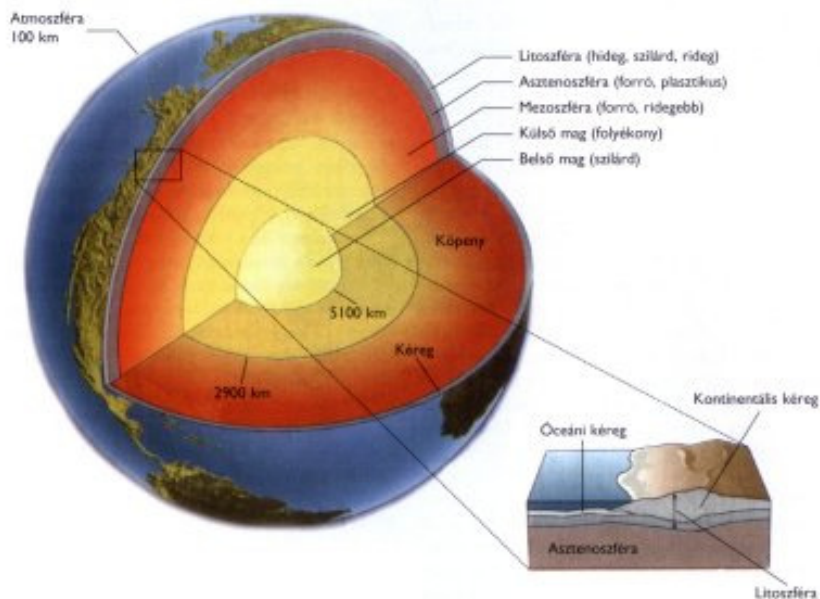
a földi szilárd anyag nagy  
része a Föld belsejéből



# Spektroszkópia: **egységes anyag**, egységes fizika

Honnan származik?

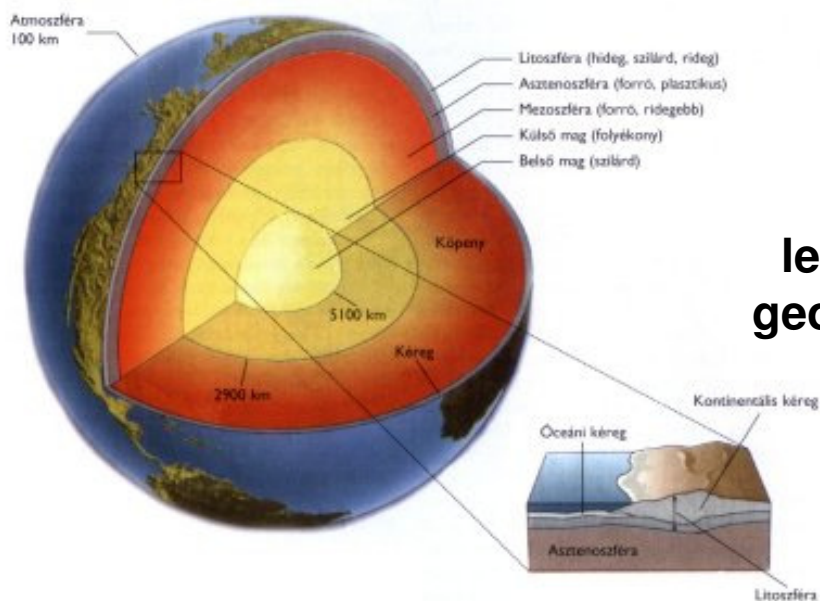
a földi szilárd anyag nagy  
része a Föld belsejéből



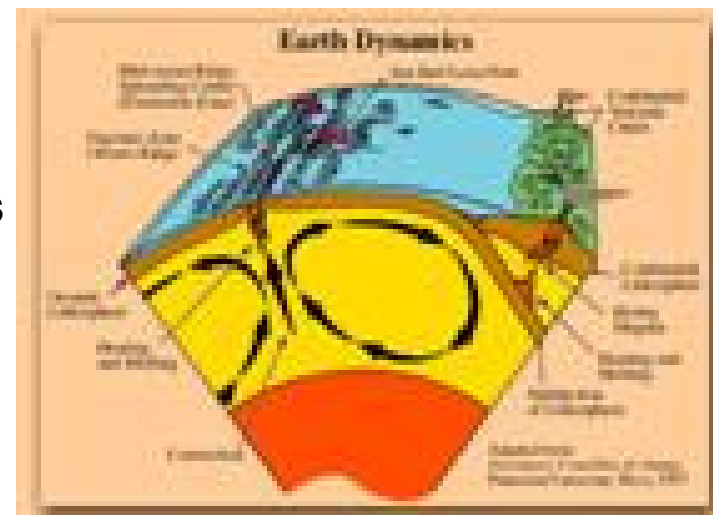
# Spektroszkópia: **egységes anyag**, egységes fizika

Honnan származik?

a földi szilárd anyag nagy  
része a Föld belsejéből



lemeztektonika,  
geológiai aktivitás

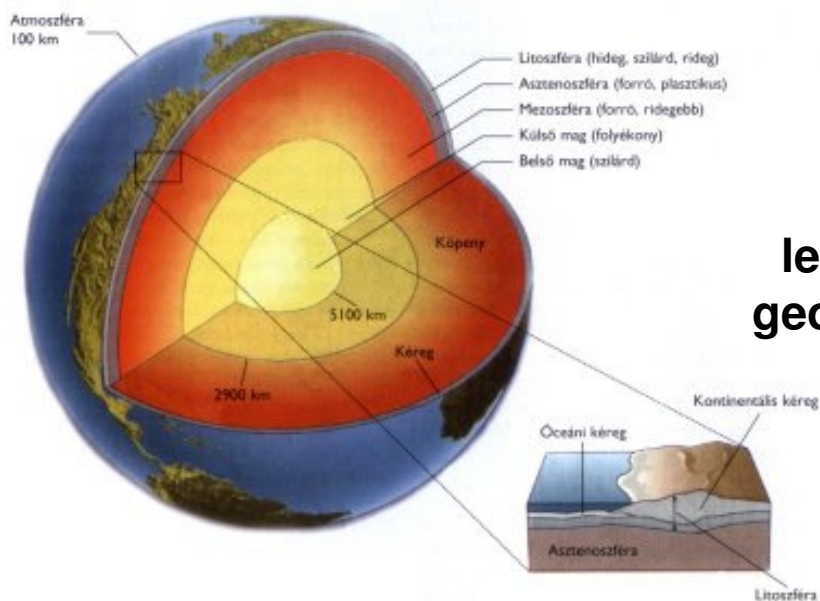




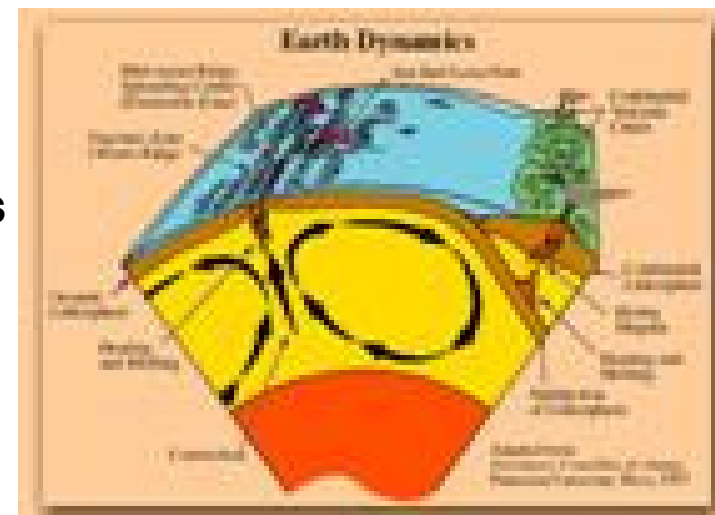
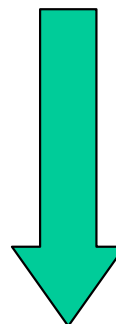
# Spektroszkópia: **egységes anyag**, egységes fizika

Honnan származik?

a földi szilárd anyag nagy  
része a Föld belsejéből



lemeztektonika,  
geológiai aktivitás

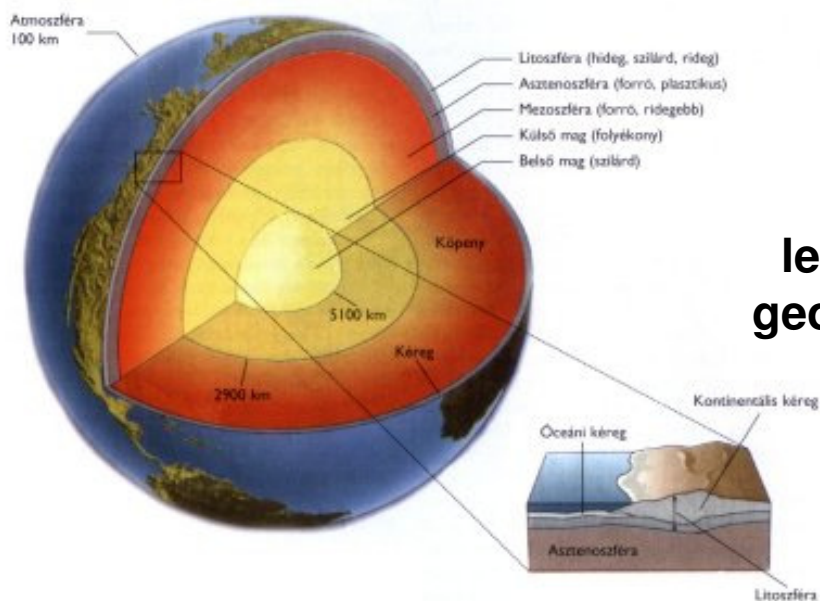


**Kémiai és sűrűség szerinti differenciálódás**

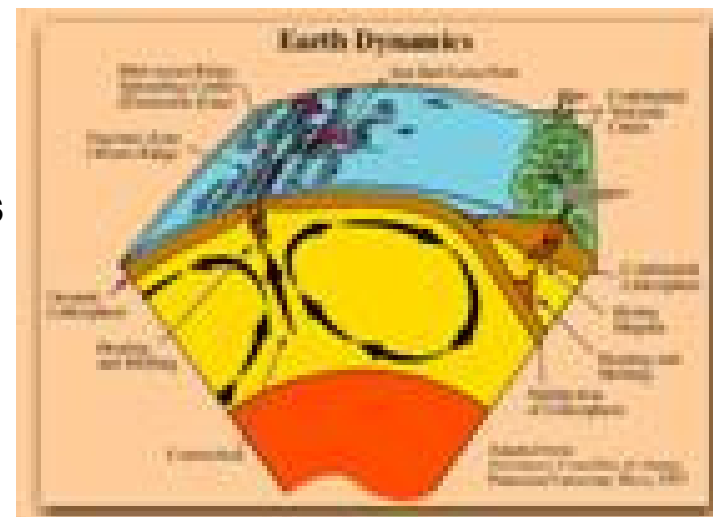
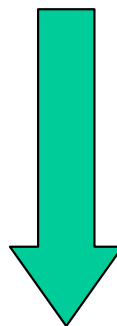
# Spektroszkópia: **egységes anyag**, egységes fizika

Honnan származik?

a földi szilárd anyag nagy  
része a Föld belsejéből



lemeztektonika,  
geológiai aktivitás



## Kémiai és sűrűség szerinti differenciálódás

de hogy kerültek ezek az anyagok a Föld belsejébe?



de hogy kerültek ezek az anyagok a Föld belsejébe?



de hogy kerültek ezek az anyagok a Föld belsejébe?

## A Föld keletkezése: **a Naprendszer keletkezése**



de hogy kerültek ezek az anyagok a Föld belsejébe?

## A Föld keletkezése: **a Naprendszer keletkezése**

Korai elméletek:



de hogy kerültek ezek az anyagok a Föld belsejébe?

## A Föld keletkezése: **a Naprendszer keletkezése**

Korai elméletek:

a bolygók a Napból szakadtak ki





de hogy kerültek ezek az anyagok a Föld belsejébe?

## A Föld keletkezése: **a Naprendszer keletkezése**

Korai elméletek:

a bolygók a Napból szakadtak ki

a Nap befogta a bolygókat



de hogy kerültek ezek az anyagok a Föld belsejébe?

## A Föld keletkezése: **a Naprendszer keletkezése**

Korai elméletek:

a bolygók a Napból szakadtak ki

a Nap befogta a bolygókat

Ma már tudjuk:



de hogy kerültek ezek az anyagok a Föld belsejébe?

## A Föld keletkezése: **a Naprendszer keletkezése**

Korai elméletek:

a bolygók a Napból szakadtak ki  
a Nap befogta a bolygókat

Ma már tudjuk:

a Nap és a bolygók együtt alakultak ki,  
közös alapanyagból



de hogy kerültek ezek az anyagok a Föld belsejébe?

## A Föld keletkezése: **a Naprendszer keletkezése**

Korai elméletek:

a bolygók a Napból szakadtak ki  
a Nap befogta a bolygókat

Ma már tudjuk:

a Nap és a bolygók együtt alakultak ki,  
közös alapanyagból

pedig:

A Föld összetétele jelenősen eltér a Naprendszerétől!



de hogy kerültek ezek az anyagok a Föld belsejébe?

## A Föld keletkezése: **a Naprendszer keletkezése**

Korai elméletek:

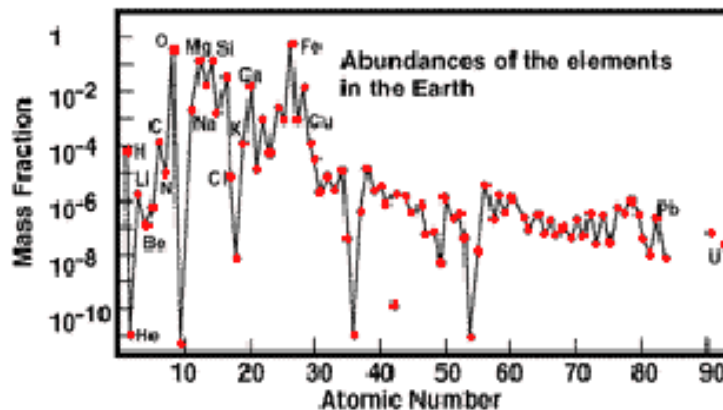
a bolygók a Naptól szakadtak ki  
a Nap befogta a bolygókat

Ma már tudjuk:

a Nap és a bolygók együtt alakultak ki,  
közös alapanyagból

pedig:

A Föld összetétele jelenősen eltér a Naprendszerétől!



Föld: kevés H, kevés He,  
szilikátok, oxidok, víz



de hogy kerültek ezek az anyagok a Föld belsejébe?

## A Föld keletkezése: **a Naprendszer keletkezése**

Korai elméletek:

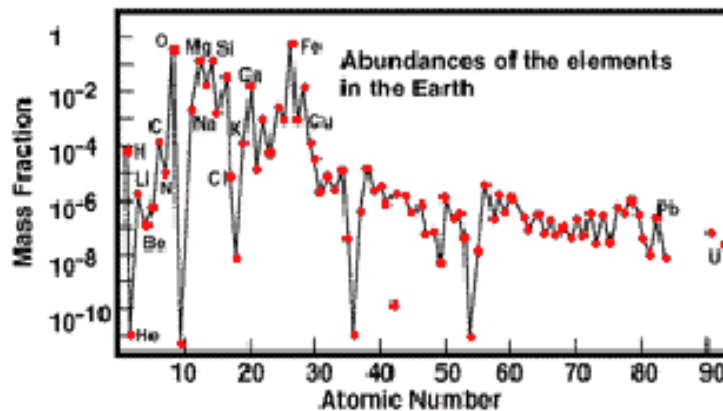
a bolygók a Napból szakadtak ki  
a Nap befogta a bolygókat

Ma már tudjuk:

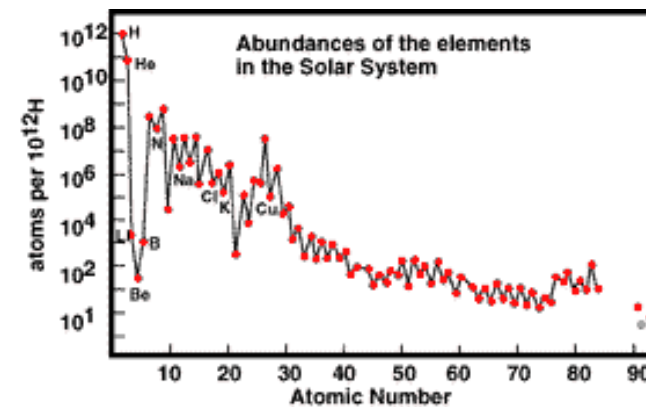
a Nap és a bolygók együtt alakultak ki,  
közös alapanyagból

pedig:

A Föld összetétele jelenősen eltér a Naprendszerétől!



Föld: kevés H, kevés He,  
szilikátok, oxidok, víz



Nap: kb. 75 % H + 24 % He  
+ 1 % „fém”



de hogy kerültek ezek az anyagok a Föld belsejébe?

## A Föld keletkezése: **a Naprendszer keletkezése**

Korai elméletek:

a bolygók a Napból szakadtak ki  
a Nap befogta a bolygókat

Ma már tudjuk:

a Nap és a bolygók együtt alakultak ki,  
közös alapanyagból



de hogy kerültek ezek az anyagok a Föld belsejébe?

## A Föld keletkezése: **a Naprendszer keletkezése**

Korai elméletek:

~~a bolygók a Napból szakadtak ki  
a Nap befogta a bolygókat~~

Ma már tudjuk:

a Nap és a bolygók együtt alakultak ki,  
közös alapanyagból



de hogy kerültek ezek az anyagok a Föld belsejébe?

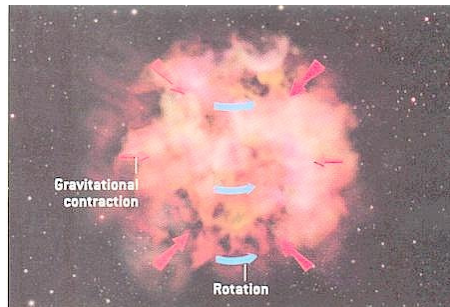
## A Föld keletkezése: **a Naprendszer keletkezése**

Korai elméletek:

~~a bolygók a Napból szakadtak ki  
a Nap befogta a bolygókat~~

Ma már tudjuk:

a Nap és a bolygók együtt alakultak ki,  
közös alapanyagból





de hogy kerültek ezek az anyagok a Föld belsejébe?

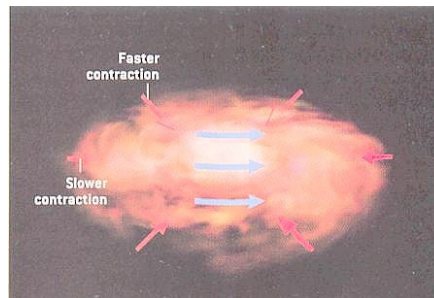
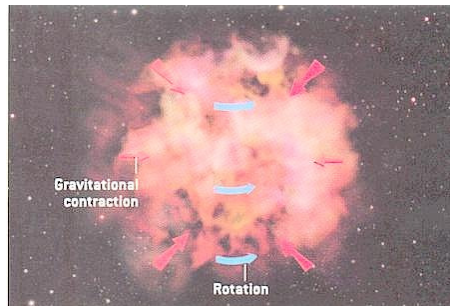
## A Föld keletkezése: **a Naprendszer keletkezése**

Korai elméletek:

~~a bolygók a Napból szakadtak ki  
a Nap berogta a bolygókat~~

Ma már tudjuk:

a Nap és a bolygók együtt alakultak ki,  
közös alapanyagból







de hogy kerültek ezek az anyagok a Föld belsejébe?

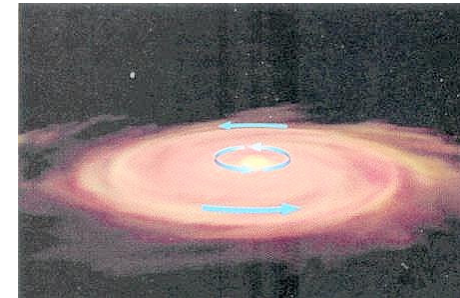
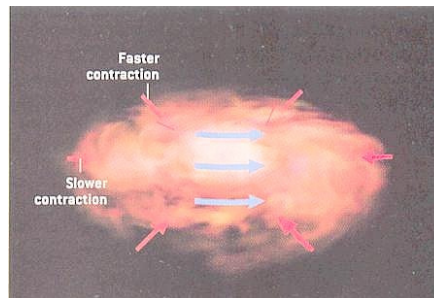
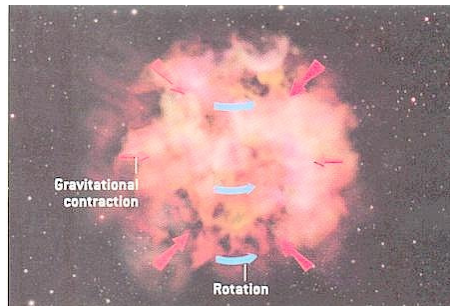
## A Föld keletkezése: **a Naprendszer keletkezése**

Korai elméletek:

~~a bolygók a Napból szakadtak ki  
a Nap berogta a bolygókat~~

Ma már tudjuk:

a Nap és a bolygók együtt alakultak ki,  
közös alapanyagból





de hogy kerültek ezek az anyagok a Föld belsejébe?

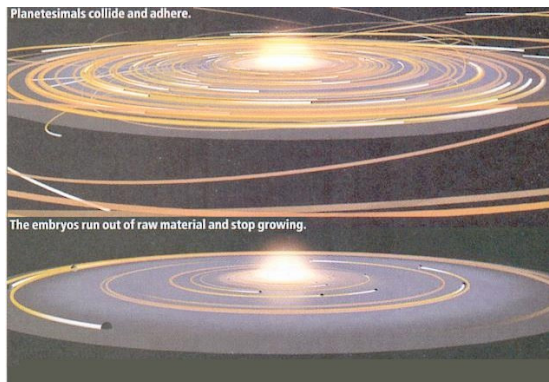
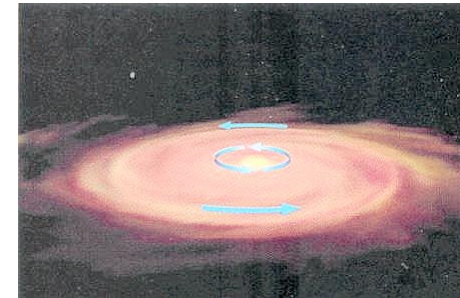
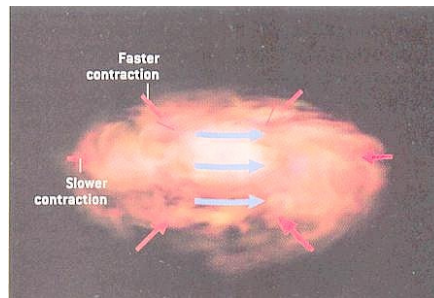
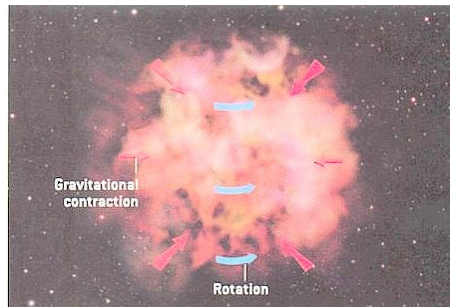
## A Föld keletkezése: **a Naprendszer keletkezése**

Korai elméletek:

~~a bolygók a Napból szakadtak ki  
a Nap befogta a bolygókat~~

Ma már tudjuk:

a Nap és a bolygók együtt alakultak ki,  
közös alapanyagból





de hogy kerültek ezek az anyagok a Föld belsejébe?

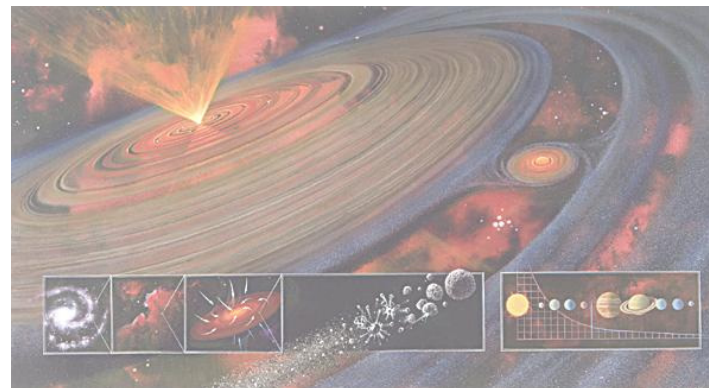
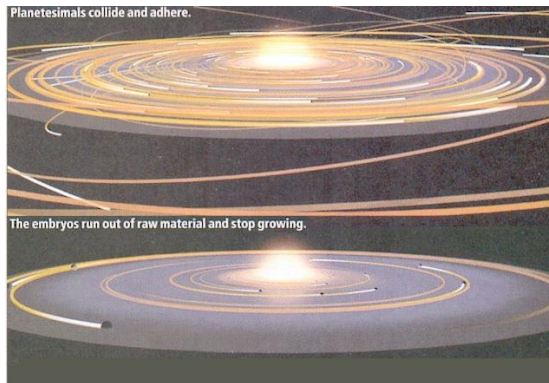
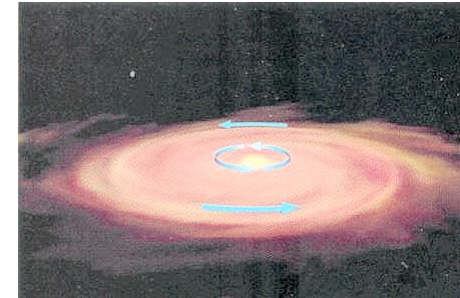
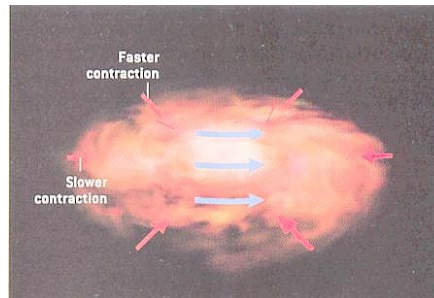
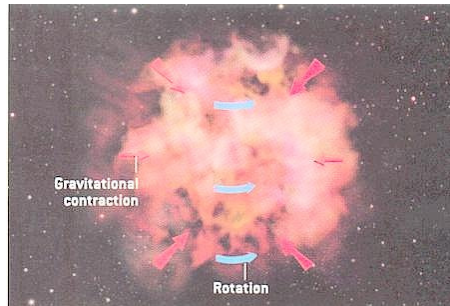
## A Föld keletkezése: **a Naprendszer keletkezése**

Korai elméletek:

~~a bolygók a Napból szakadtak ki  
a Nap berogta a bolygókat~~

Ma már tudjuk:

a Nap és a bolygók együtt alakultak ki,  
közös alapanyagból







de hogy kerültek ezek az anyagok a Föld belsejébe?

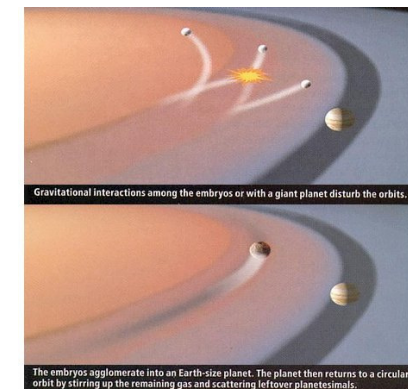
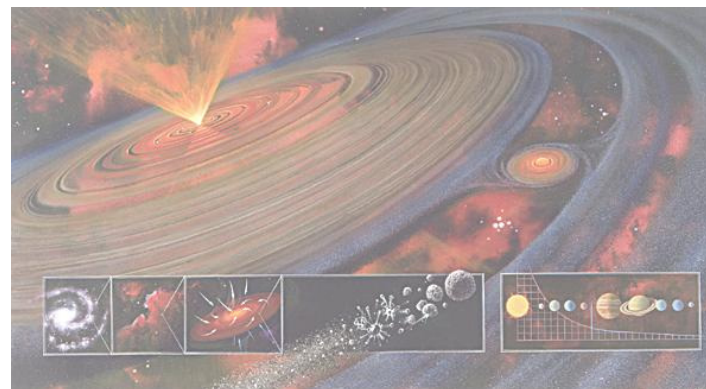
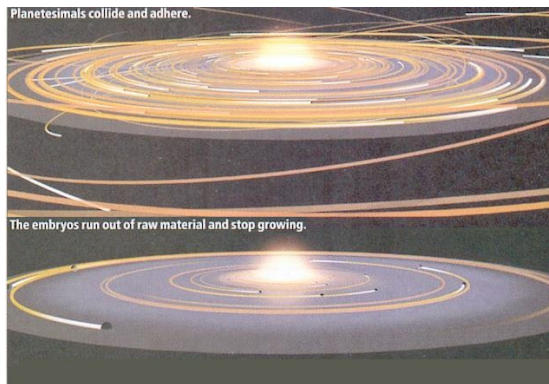
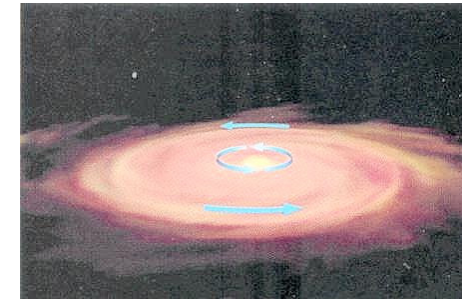
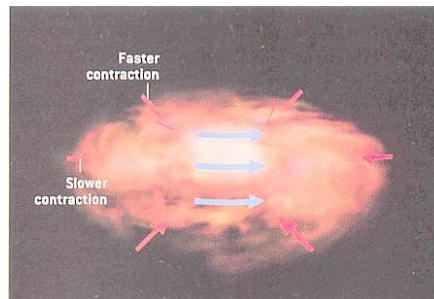
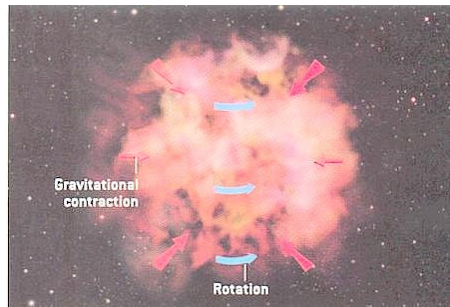
## A Föld keletkezése: **a Naprendszer keletkezése**

Korai elméletek:

~~a bolygók a Napból szakadtak ki  
a Nap befogta a bolygókat~~

Ma már tudjuk:

a Nap és a bolygók együtt alakultak ki,  
közös alapanyagból



Szoláris nebula:

**gáz- és porfelhő**





Szoláris nebula:

**gáz- és porfelhő**

GÁZ: főleg H és He

+ molekuláris  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,

+ könnyű elemek

POR:  $SiO_2$ , Fe, szilikátok, fémoxidok



Szoláris nebula:

**gáz- és porfelhő**

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

+ molekuláris  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,

+ könnyű elemek

POR:  $SiO_2$ , Fe, szilikátok, fénoxidok



Szoláris nebula:

**gáz- és porfelhő**

lassan forog

gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

GÁZ: főleg H és He

+ molekuláris  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,

+ könnyű elemek

POR:  $SiO_2$ , Fe, szilikátok, fénoxidok



Szoláris nebula:

**gáz- és porfelhő**

lassan forog

gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő

GÁZ: főleg H és He

+ molekuláris  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,

+ könnyű elemek

POR:  $SiO_2$ , Fe, szilikátok, fénoxidok



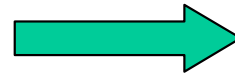
Szoláris nebula:

**gáz- és porfelhő**

lassan forog

gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

GÁZ: főleg H és He

+ molekuláris  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,

+ könnyű elemek

POR:  $SiO_2$ , Fe, szilikátok, fénoxidok



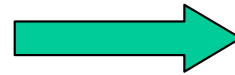
Szoláris nebula:

**gáz- és porfelhő**

lassan forog

gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

a közepe sűrűsödik

GÁZ: főleg H és He

+ molekuláris  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,

+ könnyű elemek

POR:  $SiO_2$ , Fe, szilikátok, fénoxidok

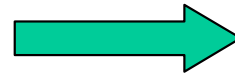
Szoláris nebula:

**gáz- és porfelhő**

lassan forog

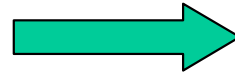
gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

GÁZ: főleg H és He

+ molekuláris  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,

+ könnyű elemek

POR:  $SiO_2$ , Fe, szilikátok, fémoxidok

Szoláris nebula:

**gáz- és porfelhő**

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

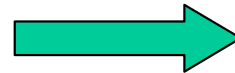
+ molekuláris  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,

+ könnyű elemek

POR:  $SiO_2$ , Fe, szilikátok, fémoxidok

gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

középen kialakul a **protocsillag**

Szoláris nebula:

**gáz- és porfelhő**

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

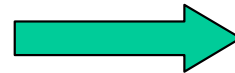
+ molekuláris  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,

+ könnyű elemek

POR:  $SiO_2$ , Fe, szilikátok, fémoxidok

gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

középen kialakul a **protocsillag**  sugárnyomás

Szoláris nebula:

**gáz- és porfelhő**

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

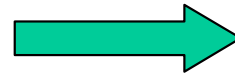
+ molekuláris  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,

+ könnyű elemek

POR:  $SiO_2$ , Fe, szilikátok, fénoxidok

gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

középen kialakul a **protocsillag**  sugárnyomás





Szoláris nebula:

**gáz- és porfelhő**

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

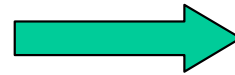
+ molekuláris  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,

+ könnyű elemek

POR:  $SiO_2$ , Fe, szilikátok, fémoxidok

gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

középen kialakul a **protocsillag**  sugárnyomás



olvadás, párolgás

Szoláris nebula:

**gáz- és porfelhő**

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

+ molekuláris H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>,

+ könnyű elemek

POR: SiO<sub>2</sub>, Fe, szilikátok, fénoxidok

gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

középen kialakul a **protocsillag**  sugárnyomás



olvadás, párolgás



Szoláris nebula:

**gáz- és porfelhő**

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

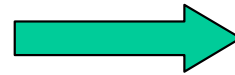
+ molekuláris  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,

+ könnyű elemek

POR:  $SiO_2$ , Fe, szilikátok, fénoxidok

gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

középen kialakul a **protocsillag**  sugárnyomás



olvadás, párolgás



kicsapódás, kifagyás

Szoláris nebula:

**gáz- és porfelhő**

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

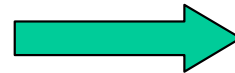
+ molekuláris H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>,

+ könnyű elemek

POR: SiO<sub>2</sub>, Fe, szilikátok, fénoxidok

gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

középen kialakul a **protocsillag**  sugárnyomás



fémek,  
fénoxidok



olvadás, párolgás



kicsapódás, kifagyás

Szoláris nebula:

**gáz- és porfelhő**

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

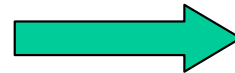
+ molekuláris  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,

+ könnyű elemek

POR:  $SiO_2$ , Fe, szilikátok, fémoxidok

gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

középen kialakul a **protocsillag**  sugárnyomás



fémek, fémoxidok, fémoxidok, szilikátok



olvadás, párolgás



kicsapódás, kifagyás



Szoláris nebula:

**gáz- és porfelhő**

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

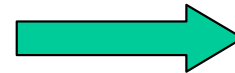
+ molekuláris H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>,

+ könnyű elemek

POR: SiO<sub>2</sub>, Fe, szilikátok, fénoxidok

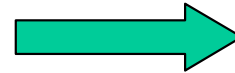
gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

középen kialakul a **protocsillag**  sugárnyomás



fémek,  
fénoxidok

fénoxidok,  
szilikátok

szilikátok  
+ víz



olvadás, párolgás



kicsapódás, kifagyás

Szoláris nebula:

**gáz- és porfelhő**

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

+ molekuláris H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>,

+ könnyű elemek

POR: SiO<sub>2</sub>, Fe, szilikátok, fénoxidok

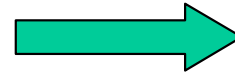
gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

középen kialakul a **protocsillag**  sugárnyomás



fémek,  
fénoxidok

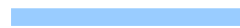


olvadás, párolgás

fénoxidok,  
szilikátok



szilikátok  
+ víz



könnyű  
oxidok + jég



kicsapódás, kifagyás



# Szoláris nebula:

## **gáz- és porfelhő**

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

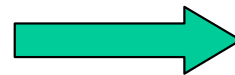
+ molekuláris H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>,

+ könnyű elemek

POR: SiO<sub>2</sub>, Fe, szilikátok, fénoxidok

gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

középen kialakul a **protocsillag**  sugárnyomás



fémek,  
fénoxidok

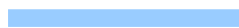


olvadás, párolgás

fénoxidok,  
szilikátok



szilikátok  
+ víz



könnyű  
oxidok + jég



kicsapódás, kifagyás

jég, metán,  
ammónia



# Szoláris nebula:

## **gáz- és porfelhő**

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

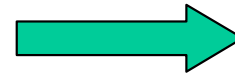
+ molekuláris H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>,

+ könnyű elemek

POR: SiO<sub>2</sub>, Fe, szilikátok, fénoxidok

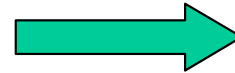
gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

középen kialakul a **protocsillag**  sugárnyomás



fémek,  
fénoxidok



olvadás, párolgás

fénoxidok,  
szilikátok



szilikátok  
+ víz



könnyű  
oxidok + jég



jég, metán,  
ammónia



főleg He



kicsapódás, kifagyás



Szoláris nebula:

**gáz- és porfelhő**

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

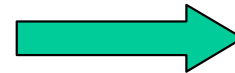
+ molekuláris H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>,

+ könnyű elemek

POR: SiO<sub>2</sub>, Fe, szilikátok, fénoxidok

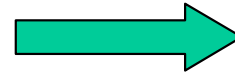
gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

középen kialakul a **protocsillag**  sugárnyomás



fémek,  
fénoxidok

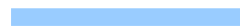


olvadás, párolgás

fénoxidok,  
szilikátok



szilikátok  
+ víz



könnyű  
oxidok + jég



kicsapódás, kifagyás

jég, metán,  
ammónia



főleg He



**Kémiai és olvadáspont szerinti differenciálódás**

Szoláris nebula:

## **gáz- és porfelhő**

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

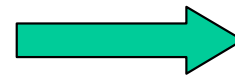
+ molekuláris H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>,

+ könnyű elemek

POR: SiO<sub>2</sub>, Fe, szilikátok, fémoxidok

gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

középen kialakul a **protocsillag**  sugárnyomás



fémek,  
fémoxidok

fémoxidok,  
szilikátok

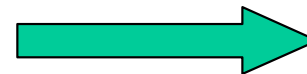
szilikátok  
+ víz

könnyű  
oxidok + jég

jég, metán,  
ammónia

főleg He

olvadás, párolgás



kicsapódás, kifagyás

## **Kémiai és olvadáspont szerinti differenciálódás**





Szoláris nebula:

## gáz- és porfelhő

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

+ molekuláris H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>,

+ könnyű elemek

POR: SiO<sub>2</sub>, Fe, szilikátok, fénoxidok

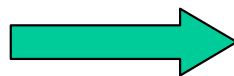
gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

középen kialakul a **protocsillag**  sugárnyomás



fémek,  
fénoxidok

fénoxidok,  
szilikátok

szilikátok  
+ víz

könnyű  
oxidok + jég

jég, metán,  
ammónia

főleg He

olvadás, párolgás



kicsapódás, kifagyás

## Kémiai és olvadáspont szerinti differenciálódás



Merkur



Szoláris nebula:

## **gáz- és porfelhő**

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

+ molekuláris H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>,

+ könnyű elemek

POR: SiO<sub>2</sub>, Fe, szilikátok, fénoxidok

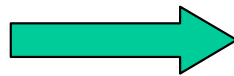
gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



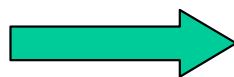
ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

középen kialakul a **protocsillag**



sugárnyomás



fémek,  
fénoxidok

fénoxidok,  
szilikátok

szilikátok  
+ víz

könnyű  
oxidok + jég

jég, metán,  
ammónia

főleg He



olvadás, párolgás



kicsapódás, kifagyás

## **Kémiai és olvadáspont szerinti differenciálódás**



Merkur



Vénusz



Szoláris nebula:

## **gáz- és porfelhő**

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

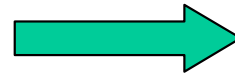
+ molekuláris H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>,

+ könnyű elemek

POR: SiO<sub>2</sub>, Fe, szilikátok, fénoxidok

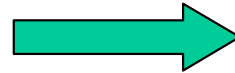
gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

középen kialakul a **protocsillag**  sugárnyomás



fémek,  
fénoxidok

fénoxidok,  
szilikátok

szilikátok  
+ víz

könnyű  
oxidok + jég

jég, metán,  
ammónia

főleg He



olvadás, párolgás



kicsapódás, kifagyás

## **Kémiai és olvadáspont szerinti differenciálódás**



Merkur



Vénusz



Föld



Szoláris nebula:

## **gáz- és porfelhő**

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

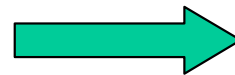
+ molekuláris H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>,

+ könnyű elemek

POR: SiO<sub>2</sub>, Fe, szilikátok, fénoxidok

gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



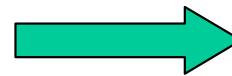
ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

középen kialakul a **protocsillag**



sugárnyomás



fémek,  
fénoxidok

fénoxidok,  
szilikátok

szilikátok  
+ víz

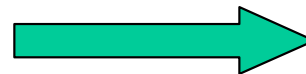
könnyű  
oxidok + jég

jég, metán,  
ammónia

főleg He



olvadás, párolgás



kicsapódás, kifagyás

## **Kémiai és olvadáspont szerinti differenciálódás**



Merkur



Vénusz



Föld



Mars



Szoláris nebula:

## **gáz- és porfelhő**

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

+ molekuláris H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>,

+ könnyű elemek

POR: SiO<sub>2</sub>, Fe, szilikátok, fénoxidok

gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

középen kialakul a **protocsillag**  sugárnyomás



fémek,  
fénoxidok

fénoxidok,  
szilikátok

szilikátok  
+ víz

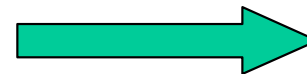
könnyű  
oxidok + jég

jég, metán,  
ammónia

főleg He



olvadás, párolgás



kicsapódás, kifagyás

## **Kémiai és olvadáspont szerinti differenciálódás**



Merkur



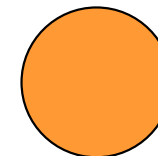
Vénusz



Föld



Mars



Jupiter



Szoláris nebula:

## **gáz- és porfelhő**

lassan forog

GÁZ: főleg H és He

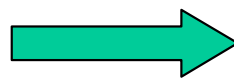
+ molekuláris H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>,

+ könnyű elemek

POR: SiO<sub>2</sub>, Fe, szilikátok, fénoxidok

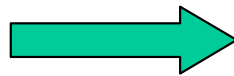
gravitációs összehúzódás + csillagközi katalízis

gyorsabban forgó felhő



ellapul

a közepe sűrűsödik



melegszik

középen kialakul a **protocsillag**



sugárnyomás



fémek,  
fénoxidok

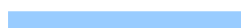
fénoxidok,  
szilikátok

szilikátok  
+ víz

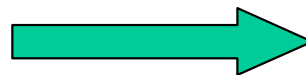
könnyű  
oxidok + jég

jég, metán,  
ammónia

főleg He



olvadás, párolgás



kicsapódás, kifagyás

## **Kémiai és olvadáspont szerinti differenciálódás**



Merkur



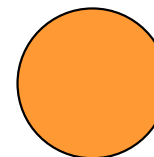
Vénusz



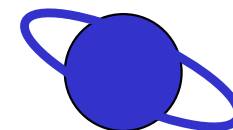
Föld



Mars



Jupiter



külső gázóriások

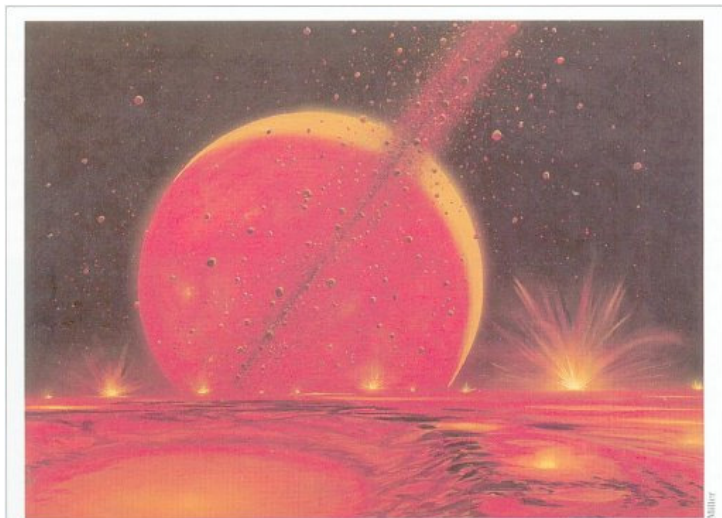




a Hold ugyanolyan anyagból van, mint a Föld kérgé!

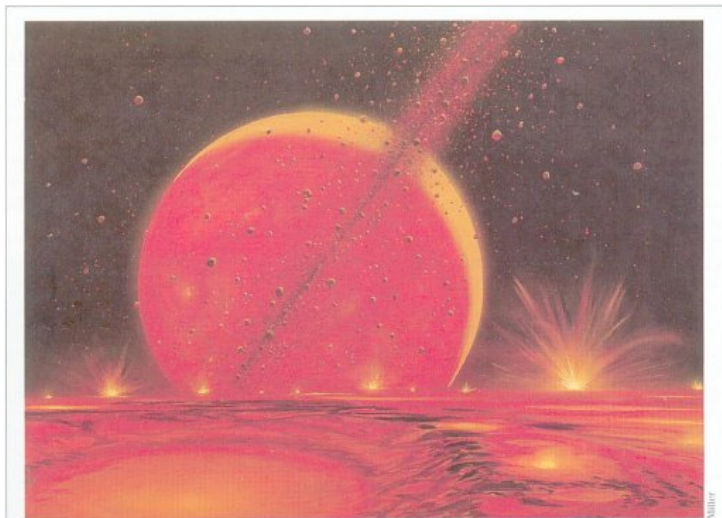


a Hold ugyanolyan anyagból van, mint a Föld kérgé!



egy Mars nagyságú  
égitest csapódott a  
Földbe, és kiszakított egy  
nagy darabot... ebből lett  
a Hold

a Hold ugyanolyan anyagból van, mint a Föld kérgé!



egy Mars nagyságú  
égitest csapódott a  
Földbe, és kiszakított egy  
nagy darabot... ebből lett  
a Hold

az Apollo-17 űrhajósai a Teremtés  
kövénél



# és a Naprendszer anyaga honnan származik?



és a Naprendszer anyaga honnan származik?  
**korábbi csillagok belsejében keletkezett!**



és a Naprendszer anyaga honnan származik?  
**korábbi csillagok belsejében keletkezett!**

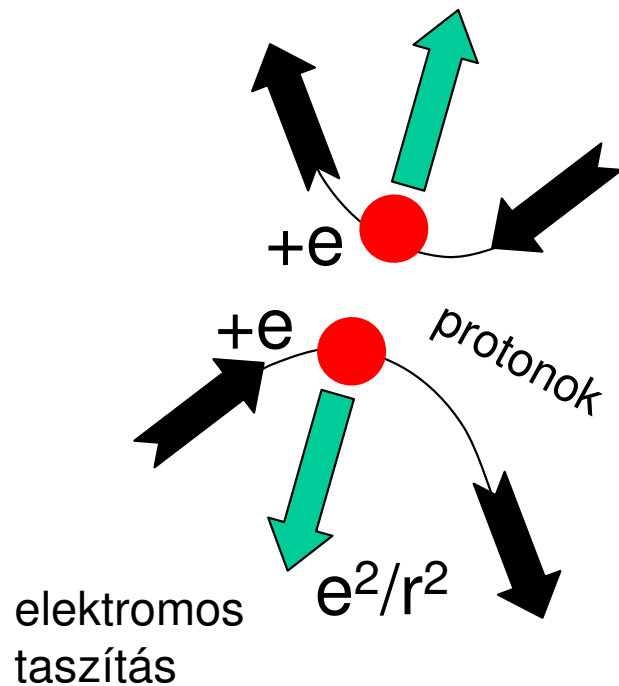
atommagfúzió a csillagok közepén





és a Naprendszer anyaga honnan származik?  
**korábbi csillagok belsejében keletkezett!**

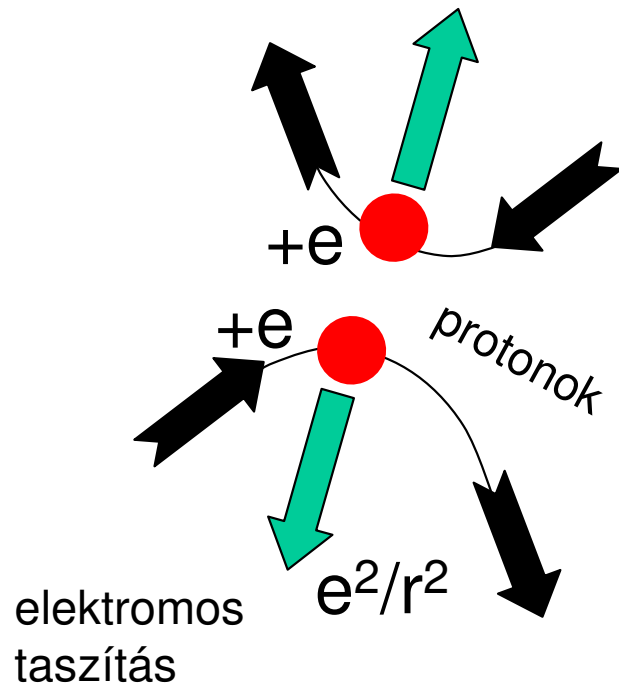
atommagfúzió a csillagok közepén



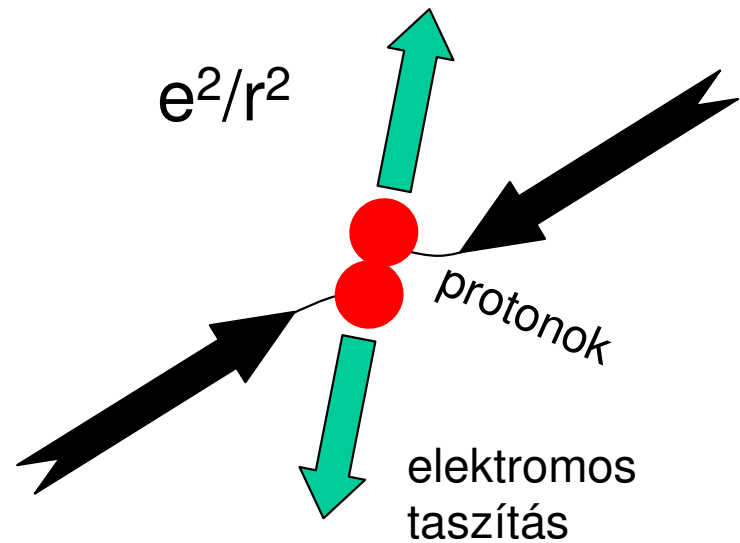
lassú protonok ütközése

és a Naprendszer anyaga honnan származik?  
**korábbi csillagok belsejében keletkezett!**

atommagfúzió a csillagok közepén



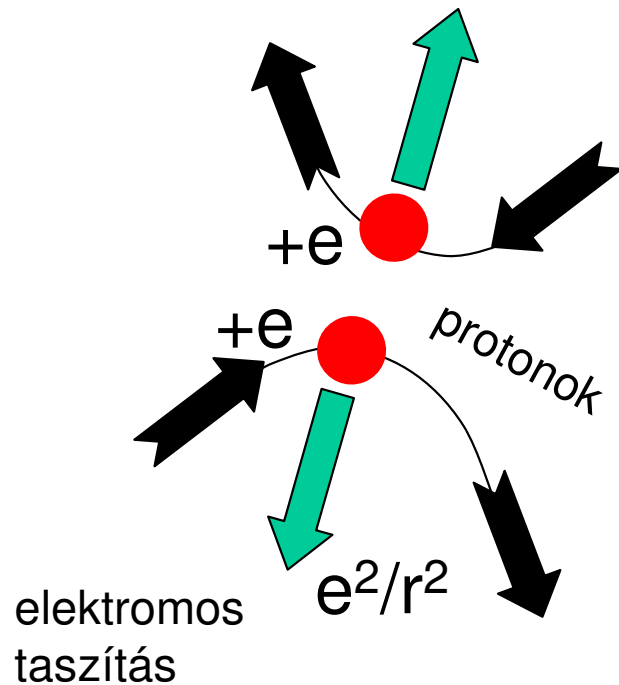
lassú protonok ütközése



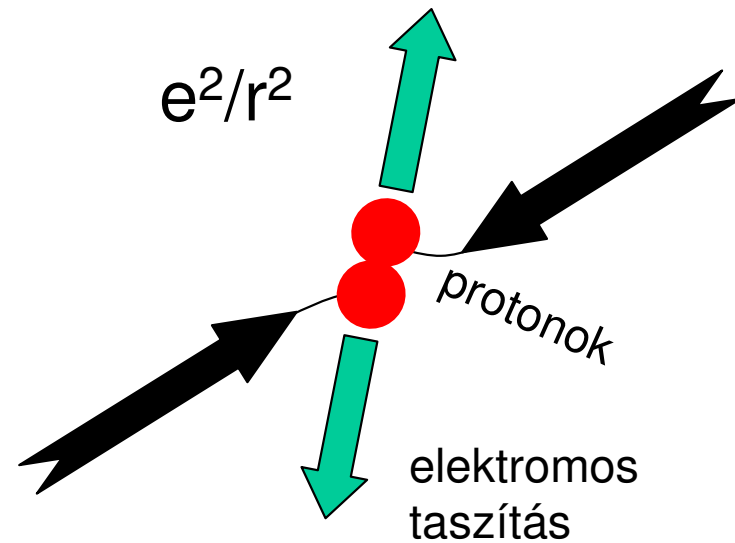
gyors protonok ütközése

és a Naprendszer anyaga honnan származik?  
**korábbi csillagok belsejében keletkezett!**

atommagfúzió a csillagok közepén



lassú protonok ütközése



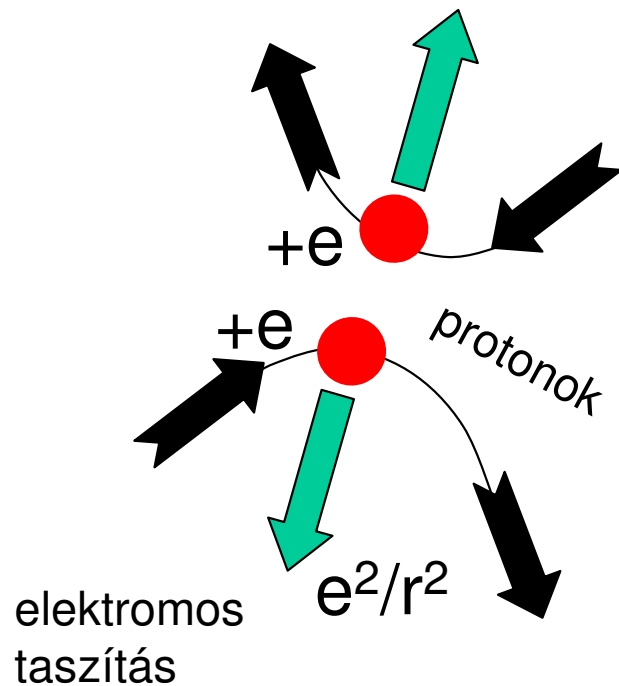
gyors protonok ütközése

**a Nap középpontjában**

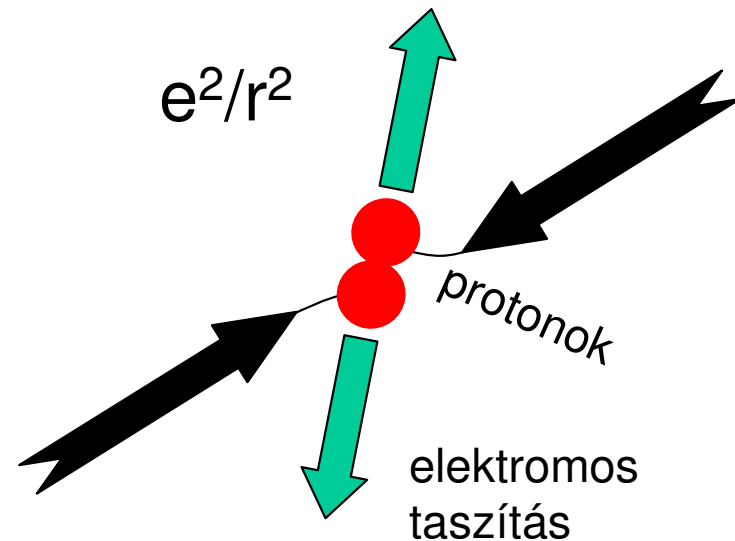
**14 millió fok van!**

és a Naprendszer anyaga honnan származik?  
**korábbi csillagok belsejében keletkezett!**

atommagfúzió a csillagok közepén



lassú protonok ütközése



gyors protonok ütközése

**a Nap középpontjában**

**14 millió fok van!**

**...azaz mégsem ilyen egyszerű!**

**azaz mégsem ilyen egyszerű!**



**azaz mégsem ilyen egyszerű!**

két proton kötött állapota, a  ${}^2\text{He}$  atommag NEM LÉTEZIK!





**azaz mégsem ilyen egyszerű!**

két proton kötött állapota, a  ${}^2\text{He}$  atommag NEM LÉTEZIK!

segít a **gyenge kölcsönhatás:**



**azaz mégsem ilyen egyszerű!**

két proton kötött állapota, a  ${}^2\text{He}$  atommag NEM LÉTEZIK!

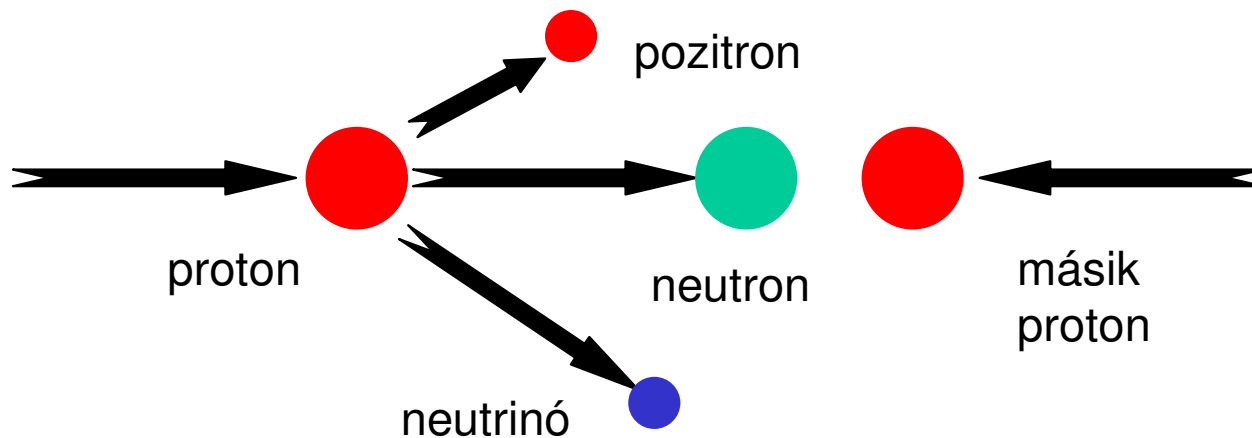
segít a **gyenge kölcsönhatás**:



## azaz mégsem ilyen egyszerű!

két proton kötött állapota, a  ${}^2\text{He}$  atommag NEM LÉTEZIK!

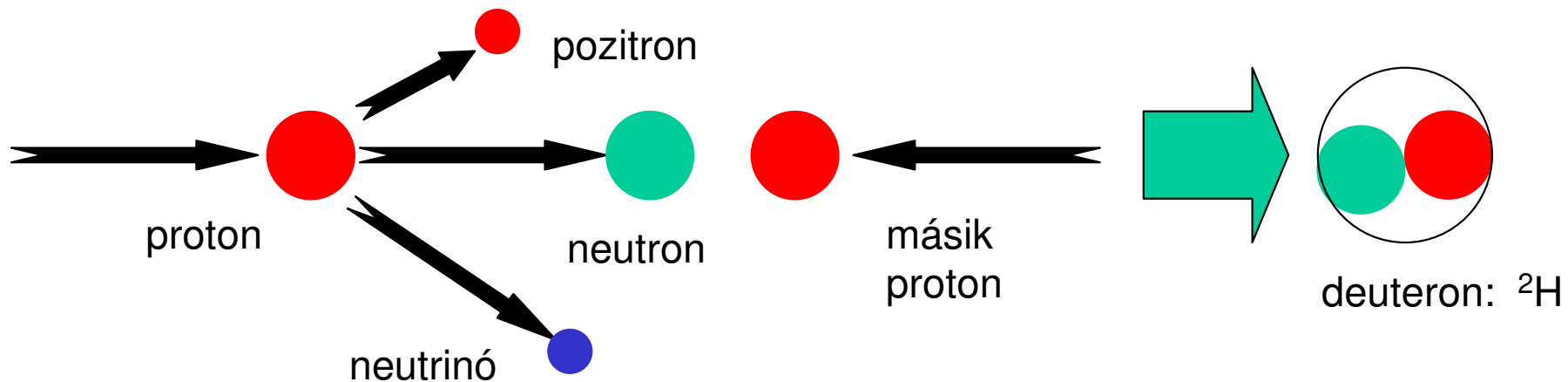
segít a **gyenge kölcsönhatás**:



# azaz mégsem ilyen egyszerű!

két proton kötött állapota, a  ${}^2\text{He}$  atommag NEM LÉTEZIK!

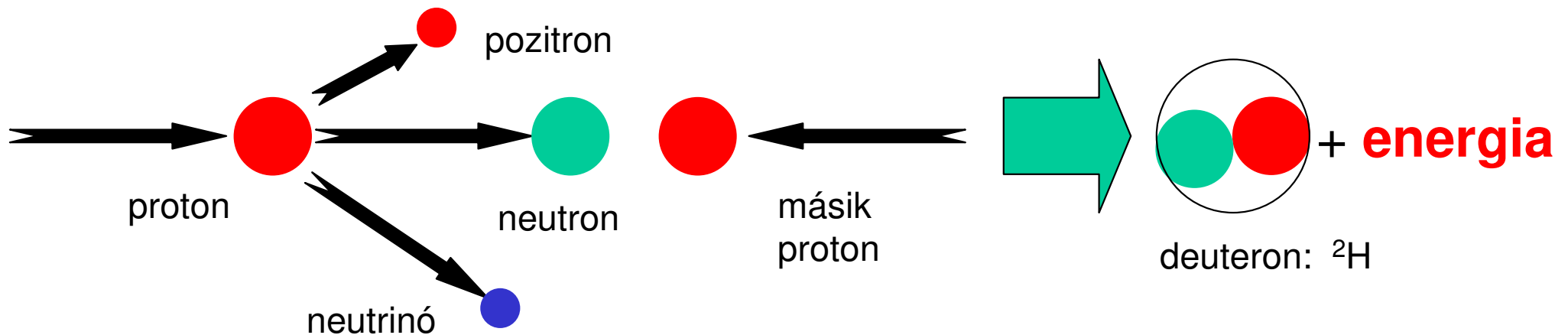
segít a **gyenge kölcsönhatás**:



# azaz mégsem ilyen egyszerű!

két proton kötött állapota, a  ${}^2\text{He}$  atommag NEM LÉTEZIK!

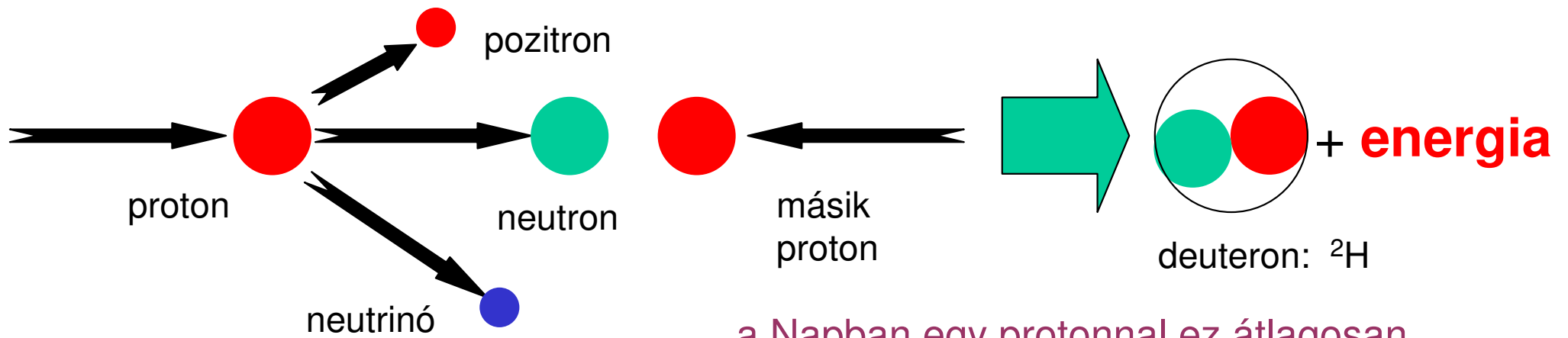
segít a **gyenge kölcsönhatás**:



# azaz mégsem ilyen egyszerű!

két proton kötött állapota, a  ${}^2\text{He}$  atommag NEM LÉTEZIK!

segít a **gyenge kölcsönhatás**:



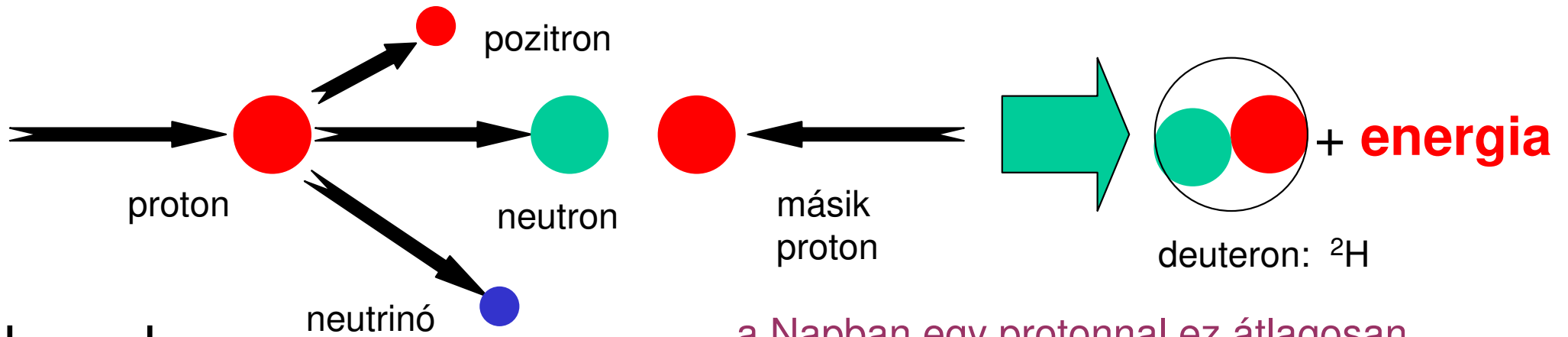
a Napban egy protonnal ez átlagosan  
1 millió évente történik meg



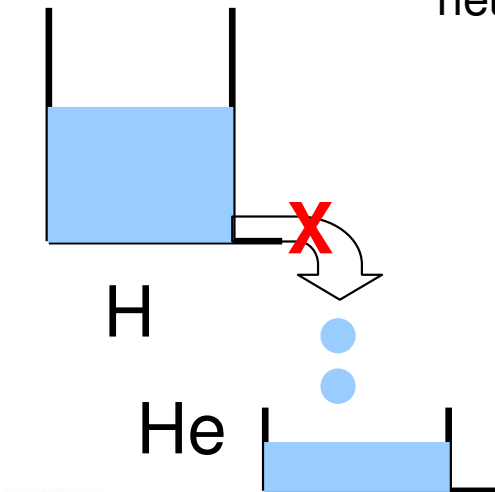
# azaz mégsem ilyen egyszerű!

két proton kötött állapota, a  ${}^2\text{He}$  atommag NEM LÉTEZIK!

segít a **gyenge kölcsönhatás**:



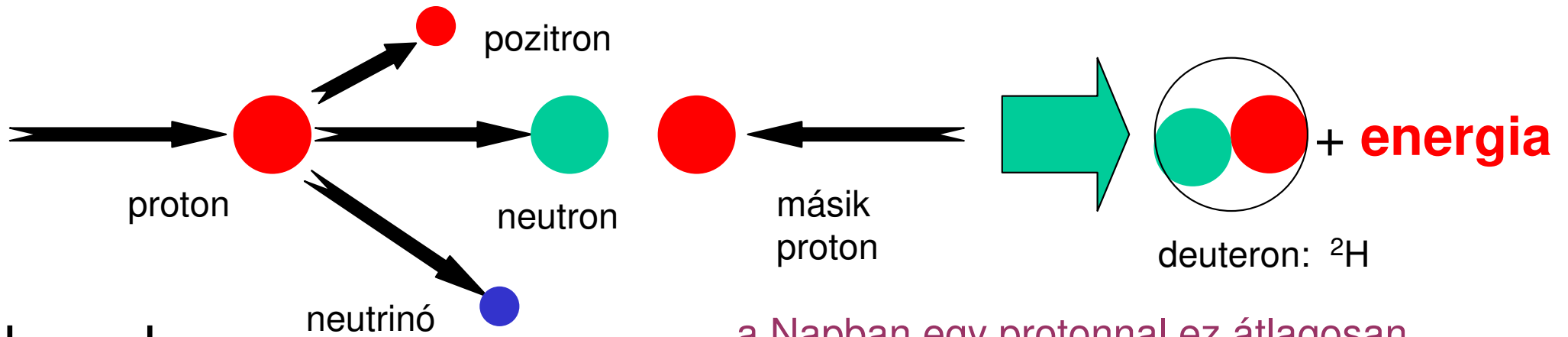
a Napban egy protonnal ez átlagosan  
1 millió évente történik meg



# azaz mégsem ilyen egyszerű!

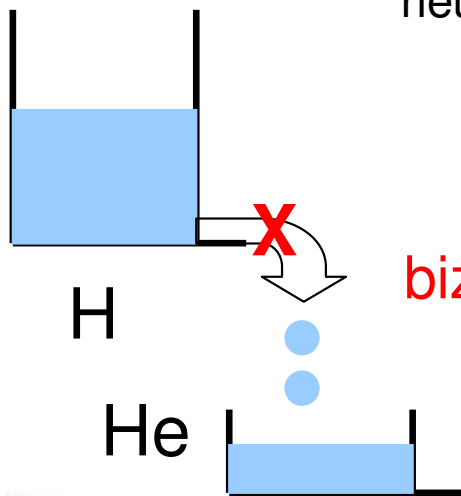
két proton kötött állapota, a  ${}^2\text{He}$  atommag NEM LÉTEZIK!

segít a **gyenge kölcsönhatás**:



a Napban egy protonnal ez átlagosan  
1 millió évente történik meg

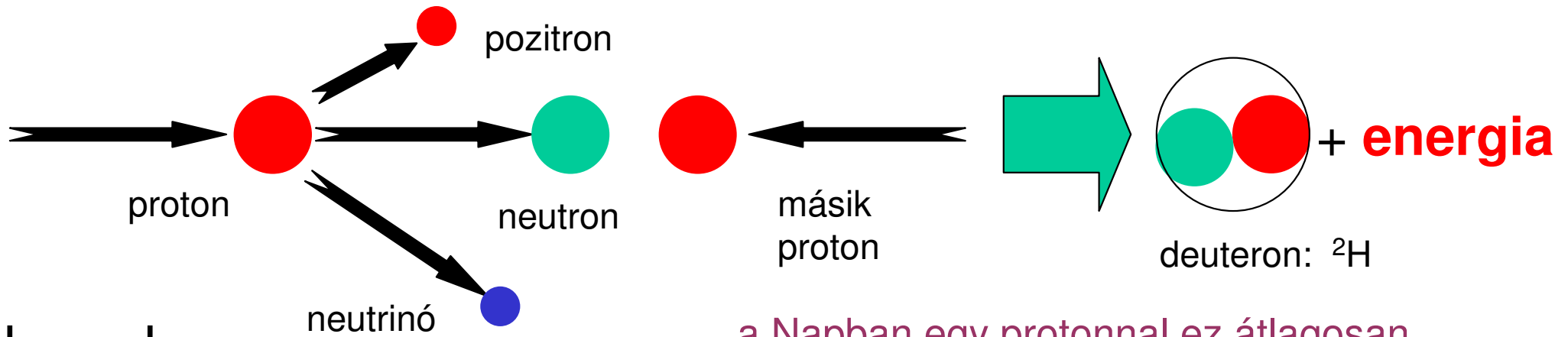
ez a magfúzió  
biztonsági szelepe!



# azaz mégsem ilyen egyszerű!

két proton kötött állapota, a  ${}^2\text{He}$  atommag NEM LÉTEZIK!

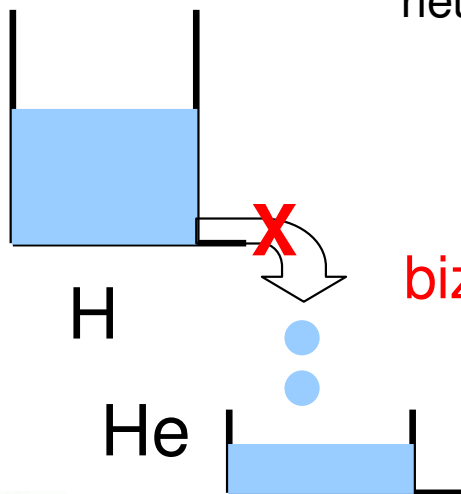
segít a **gyenge kölcsönhatás**:



a Napban egy protonnal ez átlagosan  
1 millió évente történik meg

a további folyamatokat már az erős  
kölcsönhatás kormányozza: kb.  $10^{-10}$  s

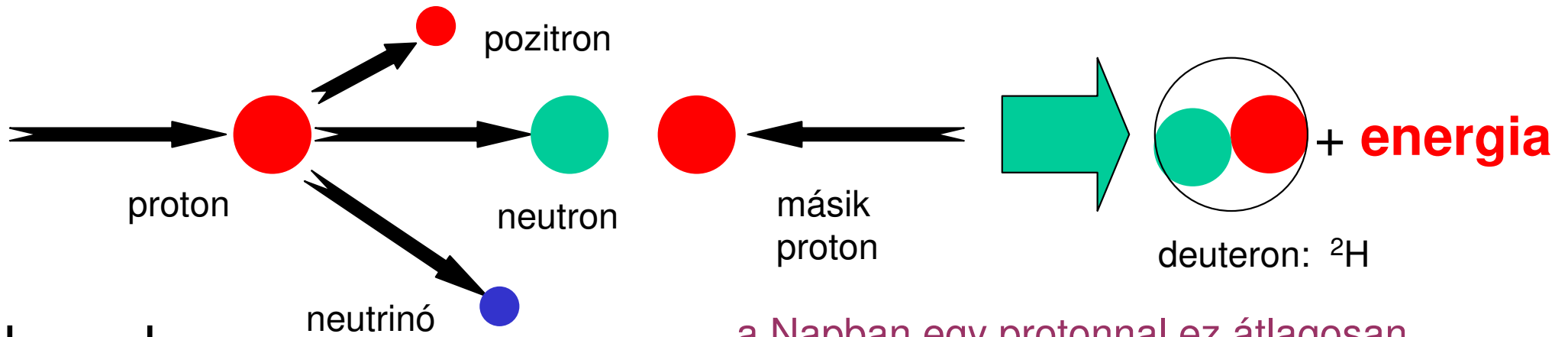
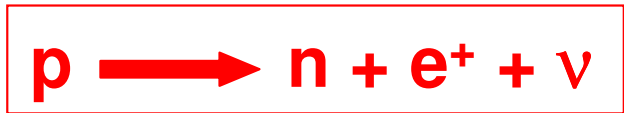
ez a magfúzió  
biztonsági szelepe!



# azaz mégsem ilyen egyszerű!

két proton kötött állapota, a  ${}^2\text{He}$  atommag NEM LÉTEZIK!

segít a **gyenge kölcsönhatás**:

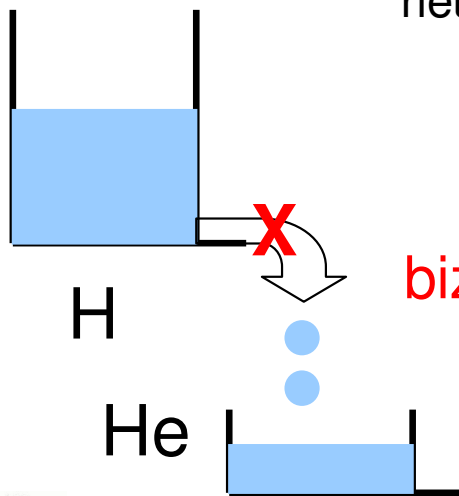


a Napban egy protonnal ez átlagosan 1 millió évente történik meg

a további folyamatokat már az erős kölcsönhatás kormányozza: kb.  $10^{-10}$  s



ez a magfúzió biztonsági szelepe!



# Honnan a + energia?



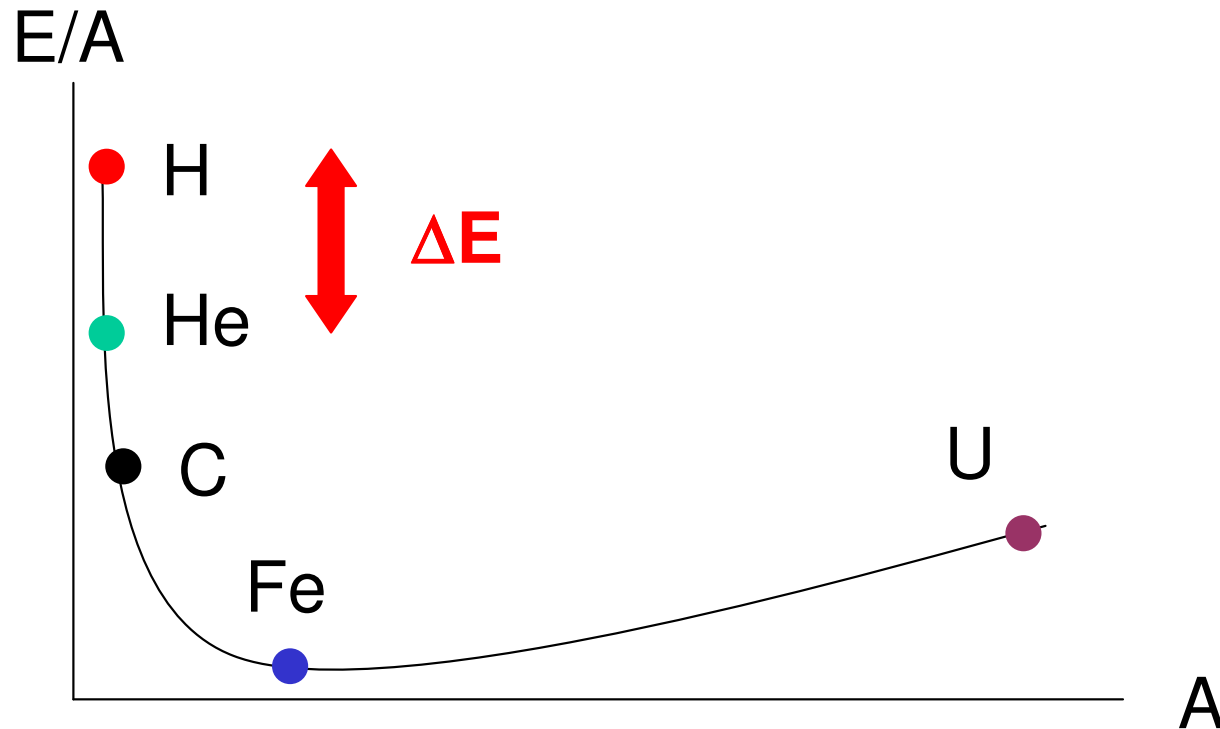
# Honnan a + energia?

az atommagok kötési energiája  
avagy a Nukleáris Völgy



# Honnan a + energia?

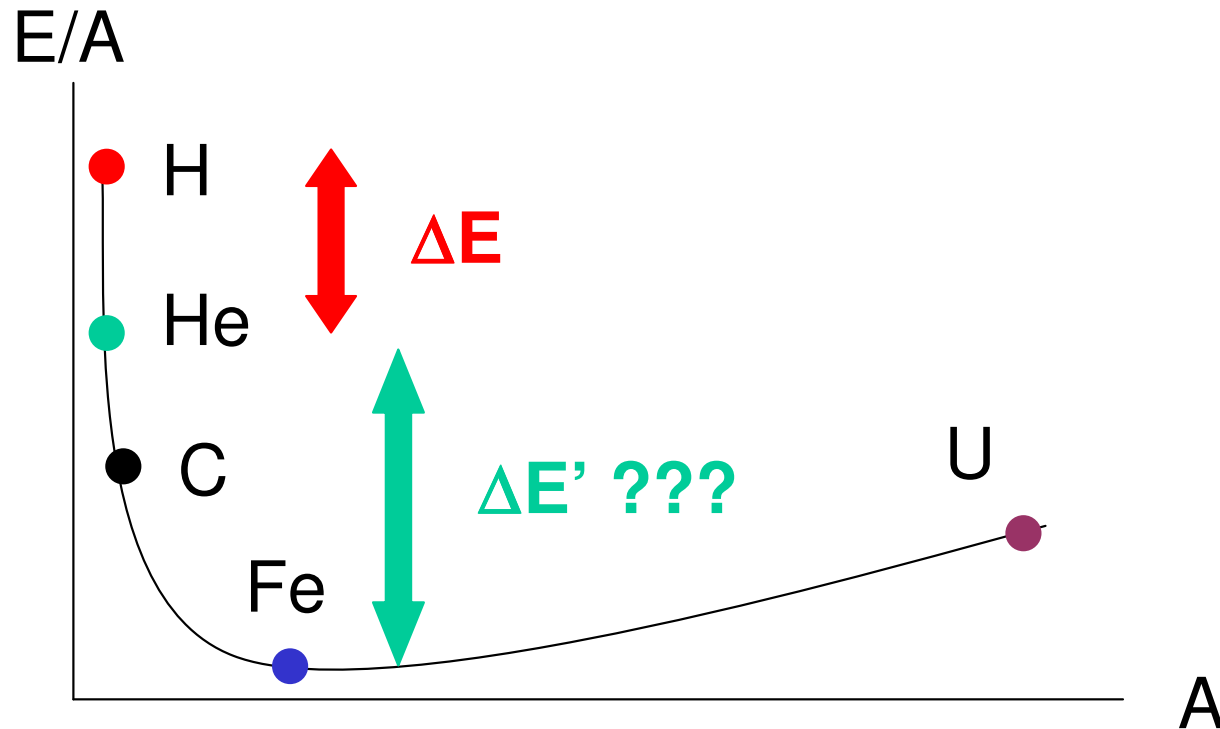
az atommagok kötési energiája  
avagy a Nukleáris Völgy





# Honnan a + energia?

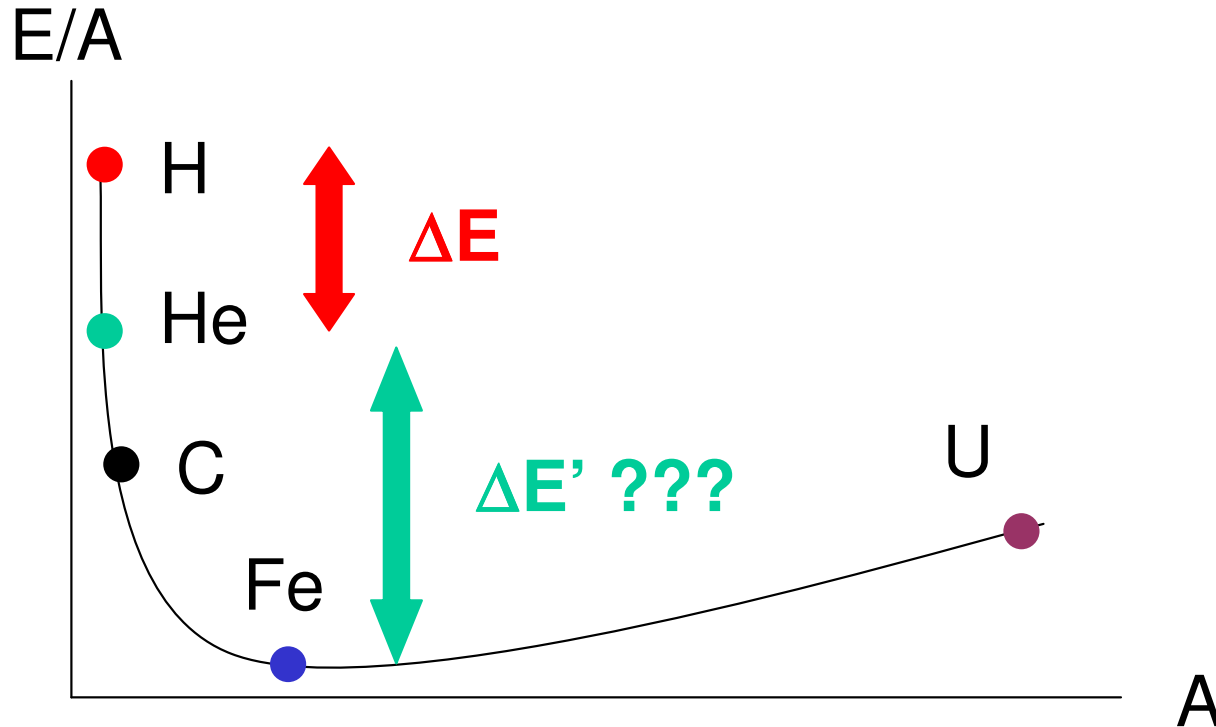
az atommagok kötési energiája  
avagy a Nukleáris Völgy



# Honnan a + energia?

Csillag:

az atommagok kötési energiája  
avagy a Nukleáris Völgy

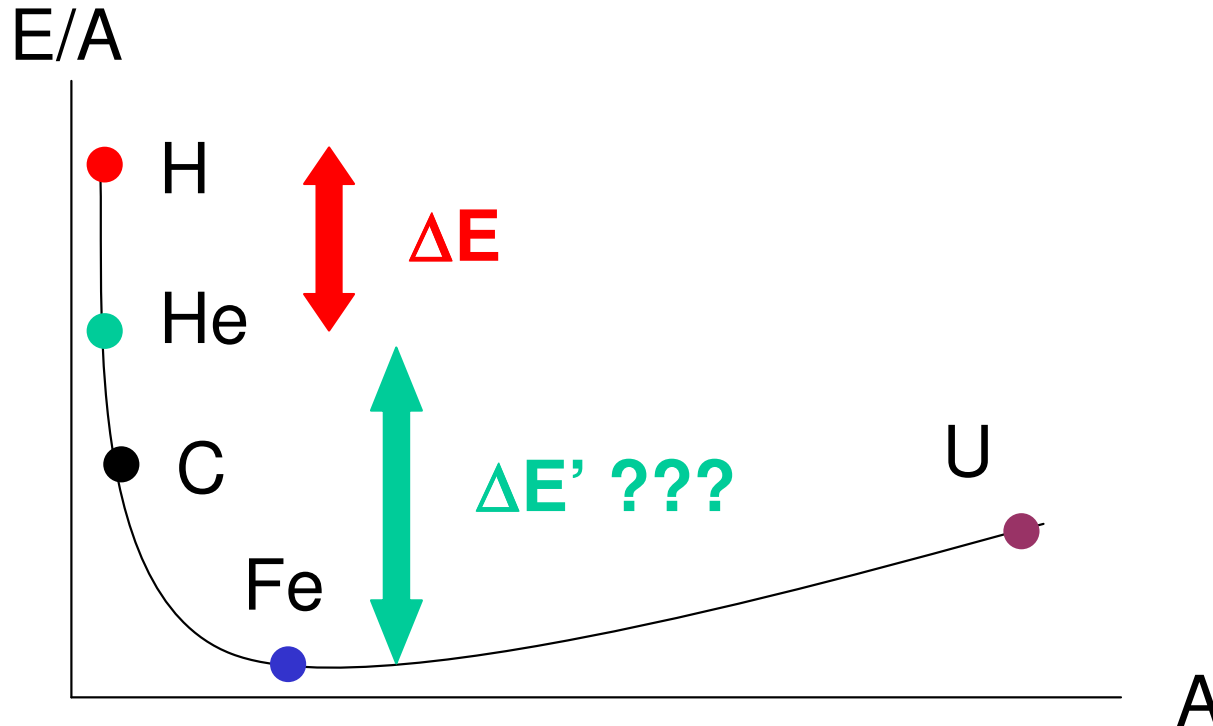


# Honnan a + energia?

az atommagok kötési energiája  
avagy a **Nukleáris Völgy**

**Csillag:**

negatív visszacsatolású,  
önszabályozó  
nukleáris kazán

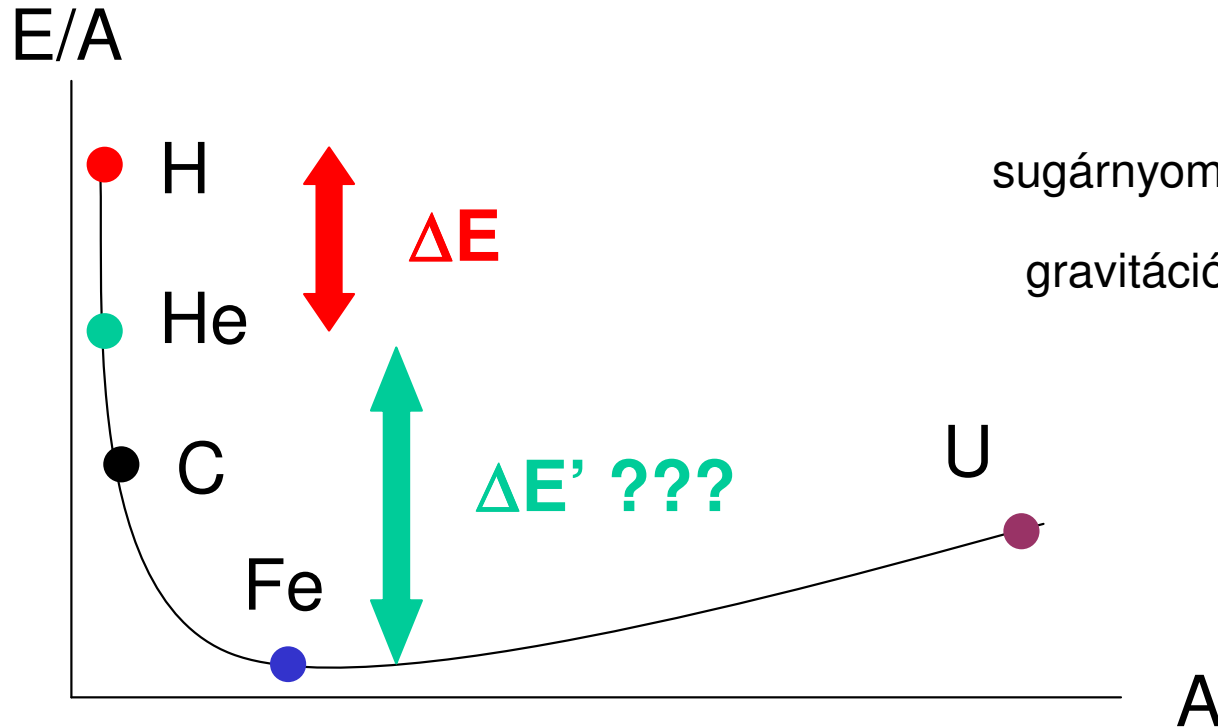


# Honnan a + energia?

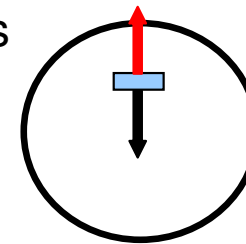
az atommagok kötési energiája  
avagy a **Nukleáris Völgy**

**Csillag:**

negatív visszacsatolású,  
önszabályozó  
nukleáris kazán



sugárnyomás  
gravitáció

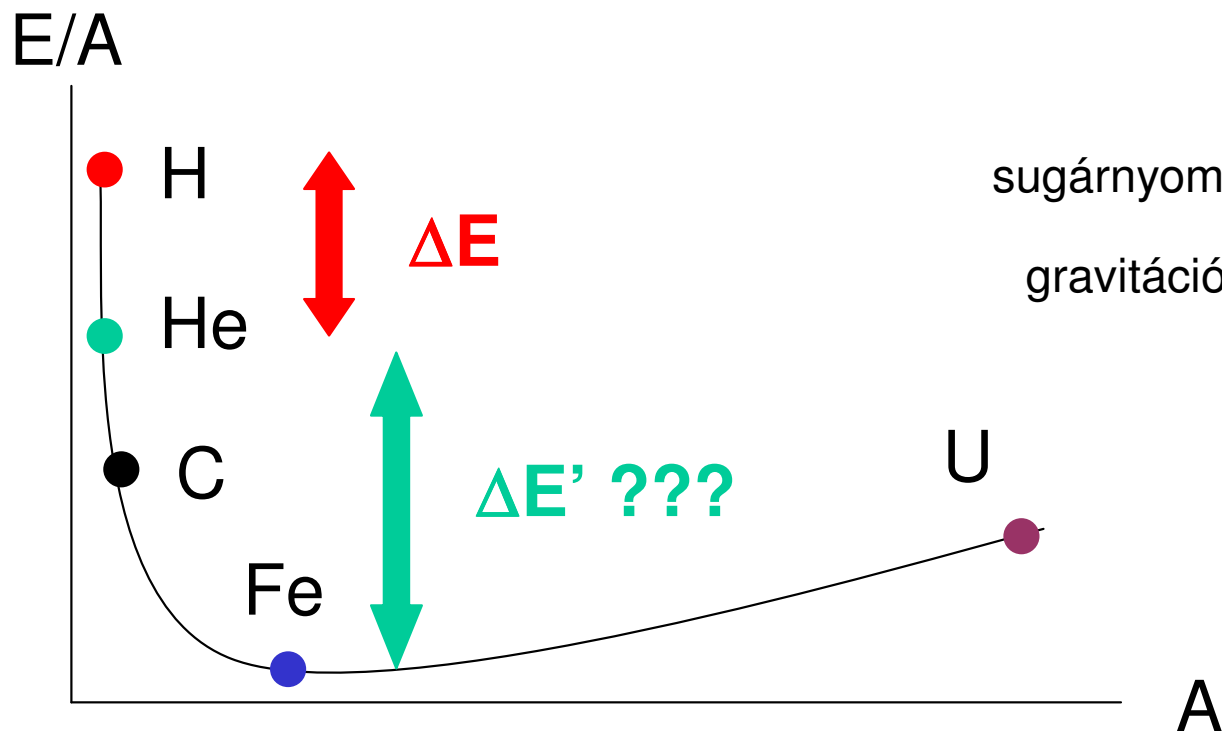


# Honnan a + energia?

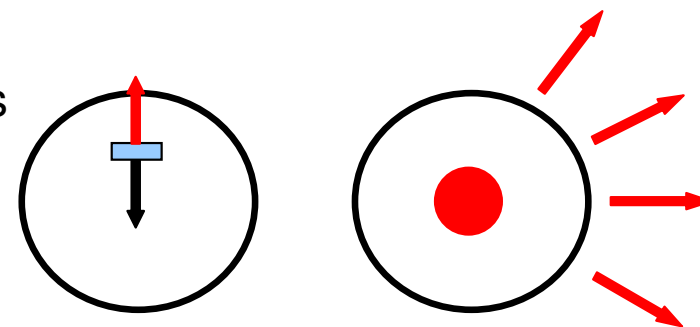
az atommagok kötési energiája  
avagy a **Nukleáris Völgy**

**Csillag:**

negatív visszacsatolású,  
önszabályozó  
nukleáris kazán

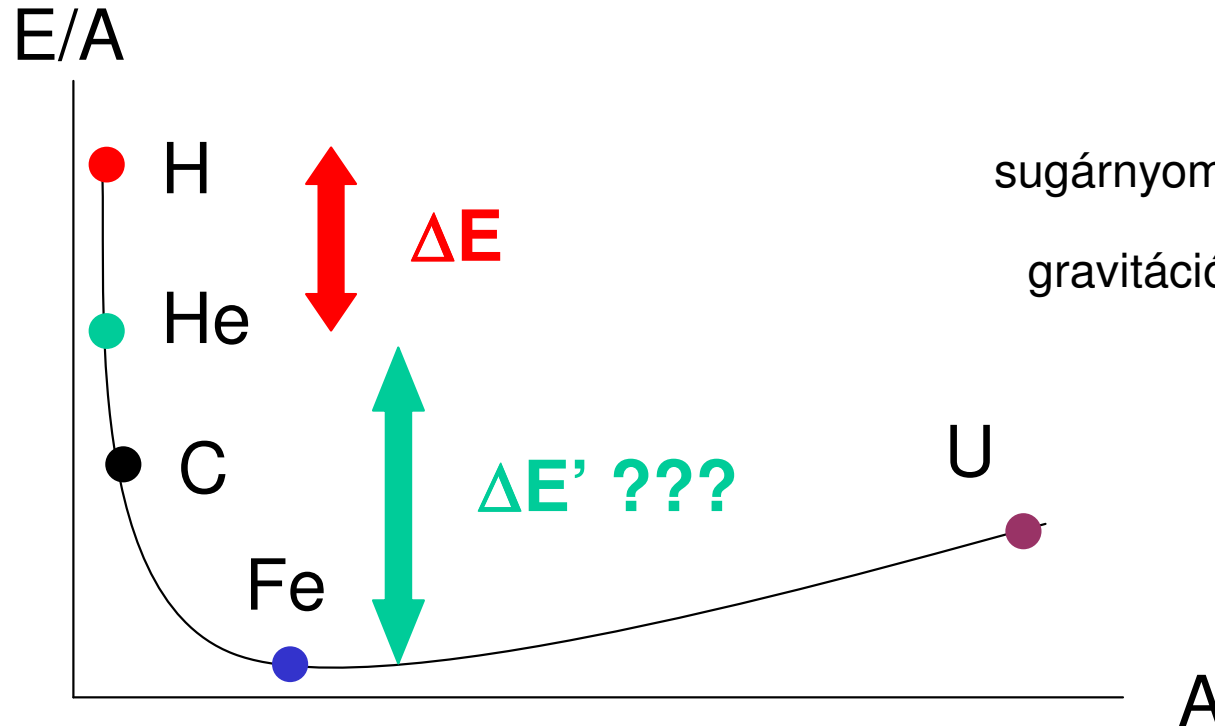


sugárnyomás  
gravitáció



# Honnan a + energia?

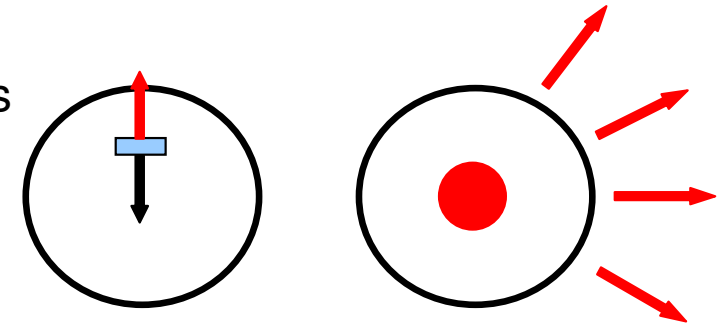
az atommagok kötési energiája  
avagy a **Nukleáris Völgy**



## Csillag:

negatív visszacsatolású,  
önszabályozó  
nukleáris kazán

sugárnyomás  
gravitáció



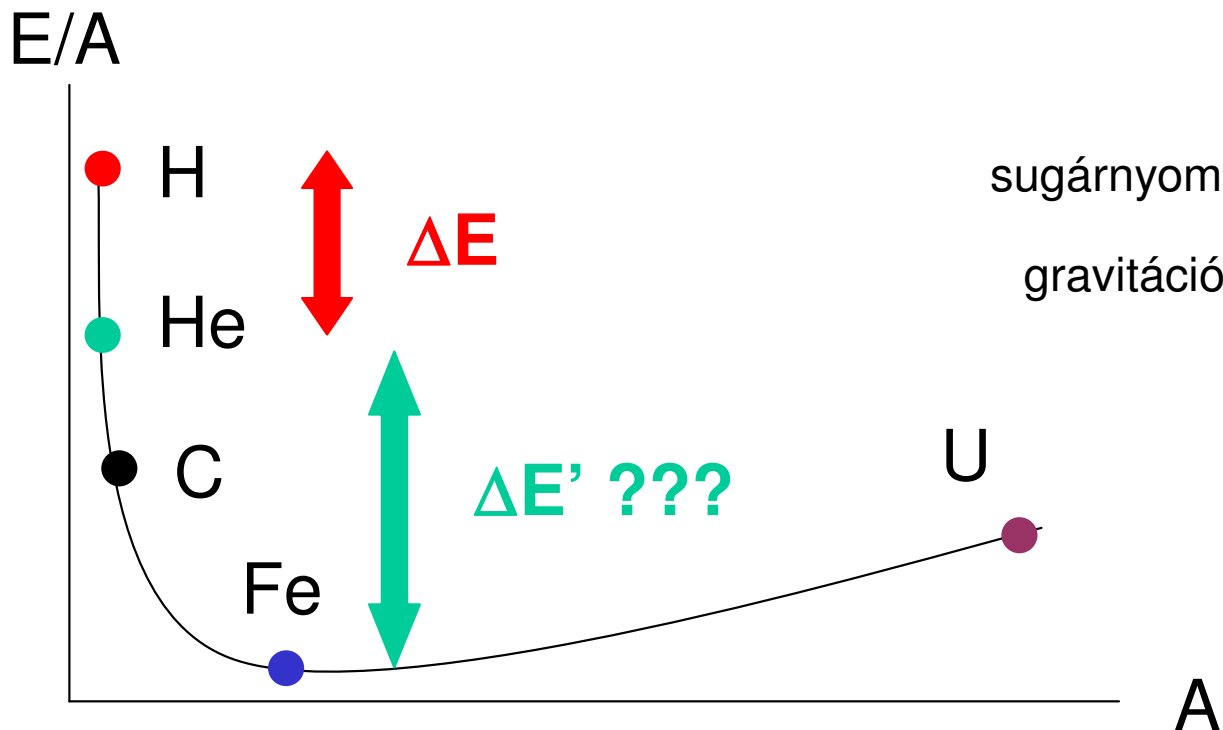
mechanikai, termikus és  
sugárzási egyensúlyban

# Honnan a + energia?

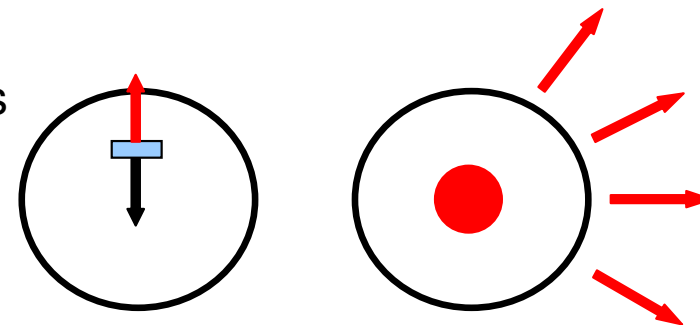
az atommagok kötési energiája  
avagy a **Nukleáris Völgy**

**Csillag:**

negatív visszacsatolású,  
önszabályozó  
nukleáris kazán



sugárnyomás  
gravitáció



mechanikai, termikus és  
sugárzási egyensúlyban

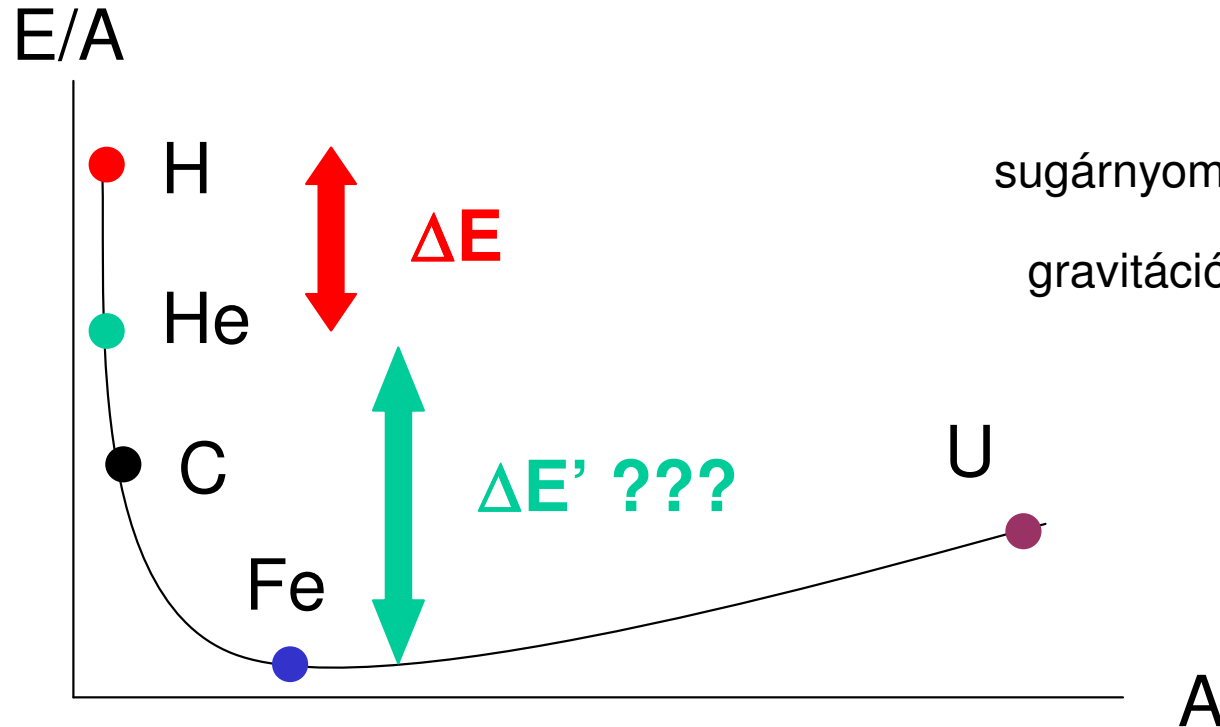
**Meddig?**





# Honnan a + energia?

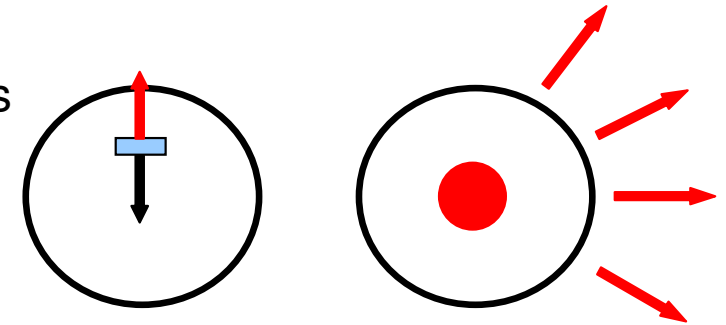
az atommagok kötési energiája  
avagy a **Nukleáris Völgy**



## Csillag:

negatív visszacsatolású,  
önszabályozó  
nukleáris kazán

sugárnyomás  
gravitáció



mechanikai, termikus és  
sugárzási egyensúlyban

## Meddig?

amíg el nem fogy a hidrogén...



# Ha elfogy a hidrogén...



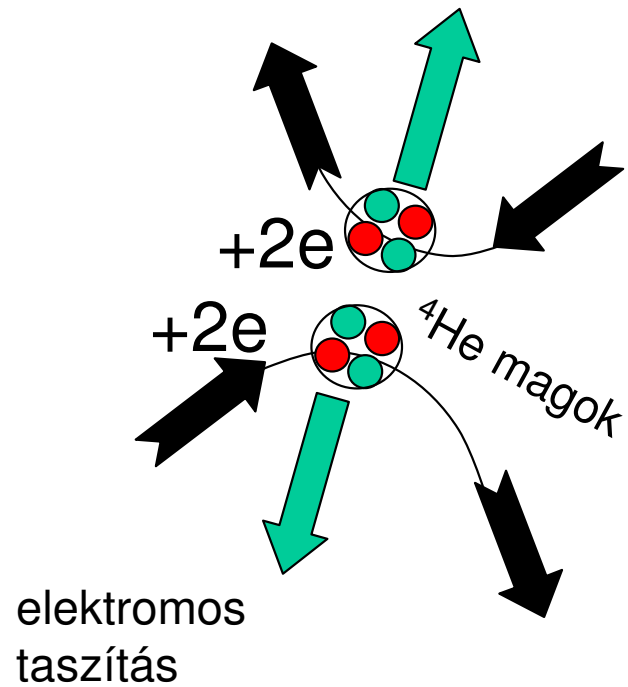
Ha elfogy a hidrogén...

a He csak hamu!



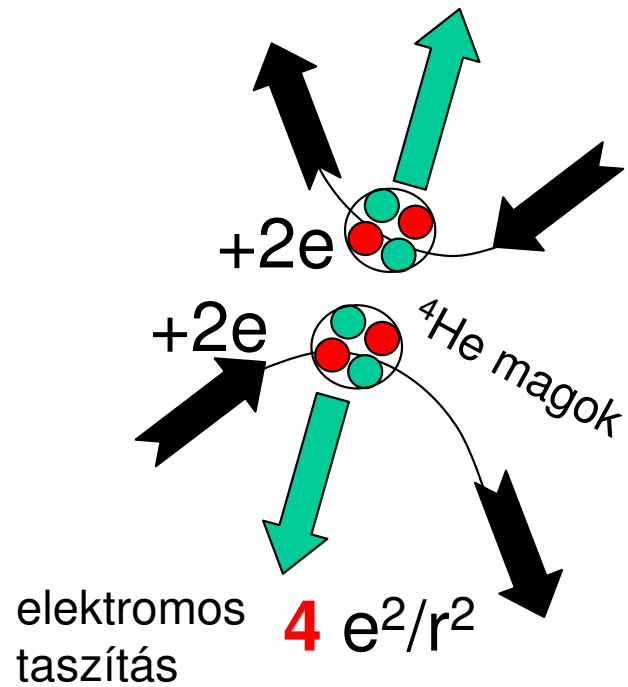
# Ha elfogy a hidrogén...

## a He csak hamu!



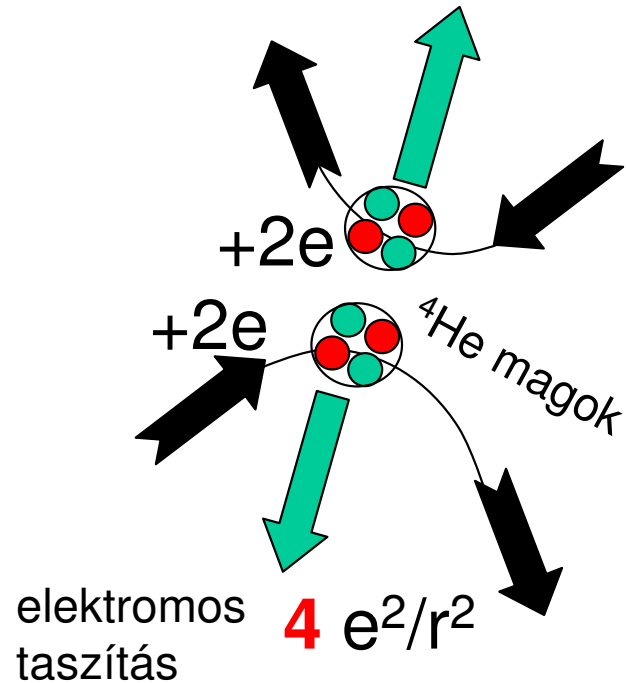
Ha elfogy a hidrogén...

a He csak hamu!



# Ha elfogy a hidrogén...

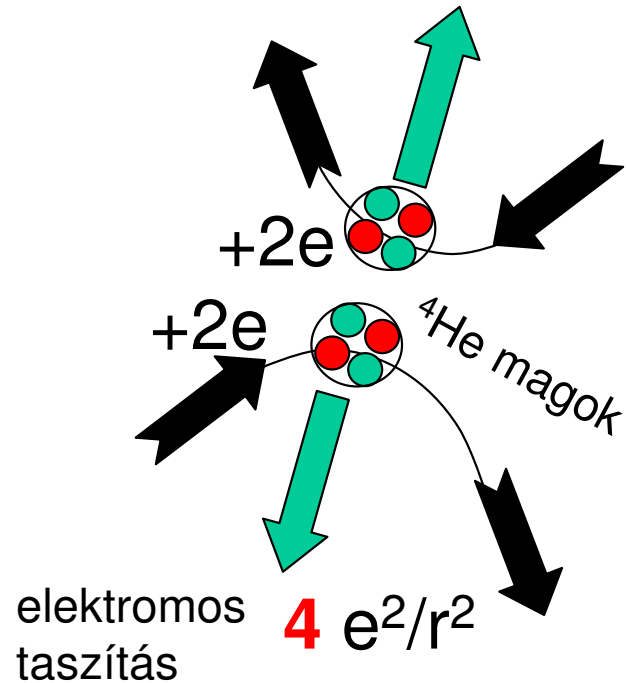
a He csak hamu!



a Napban nincs elég meleg a további fúzióhoz...

Ha elfogy a hidrogén...

a He csak hamu!



a Napban nincs elég meleg a további fúzióhoz...

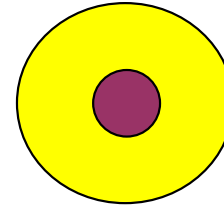
túl kicsi a tömege!



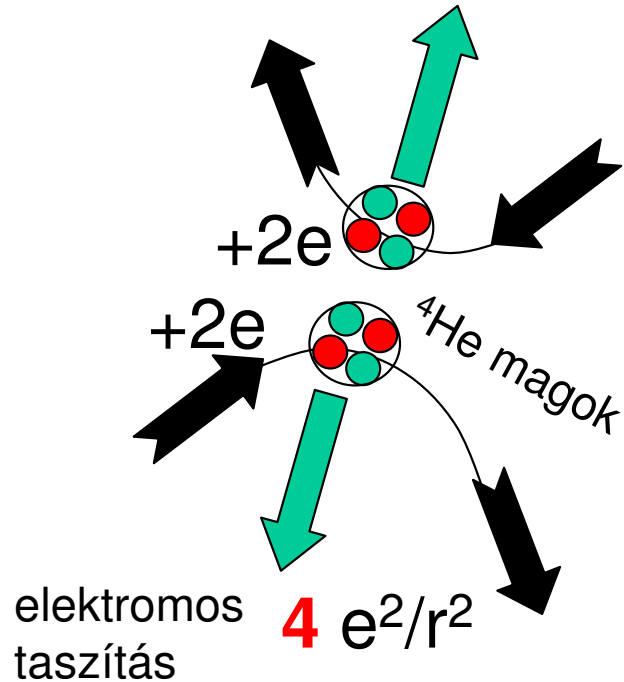
Ha elfogy a hidrogén...

a He csak hamu!

Nap



Föld



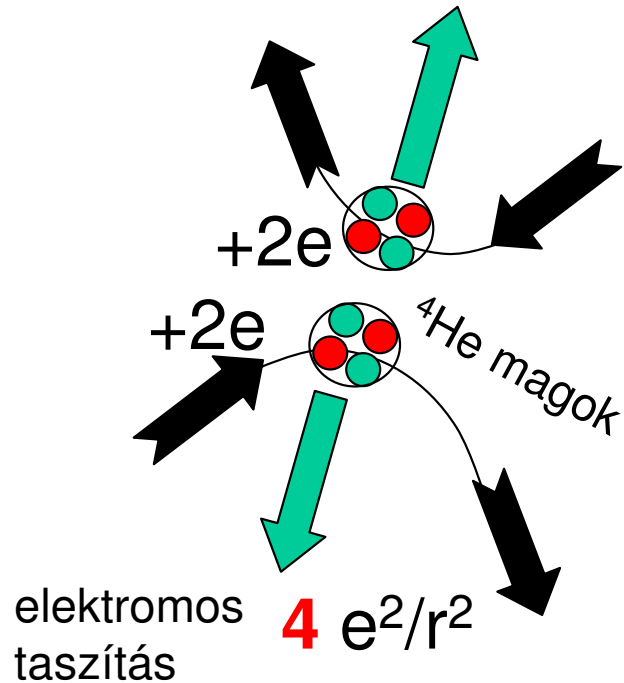
a Napban nincs elég meleg a további fúzióhoz...

túl kicsi a tömege!



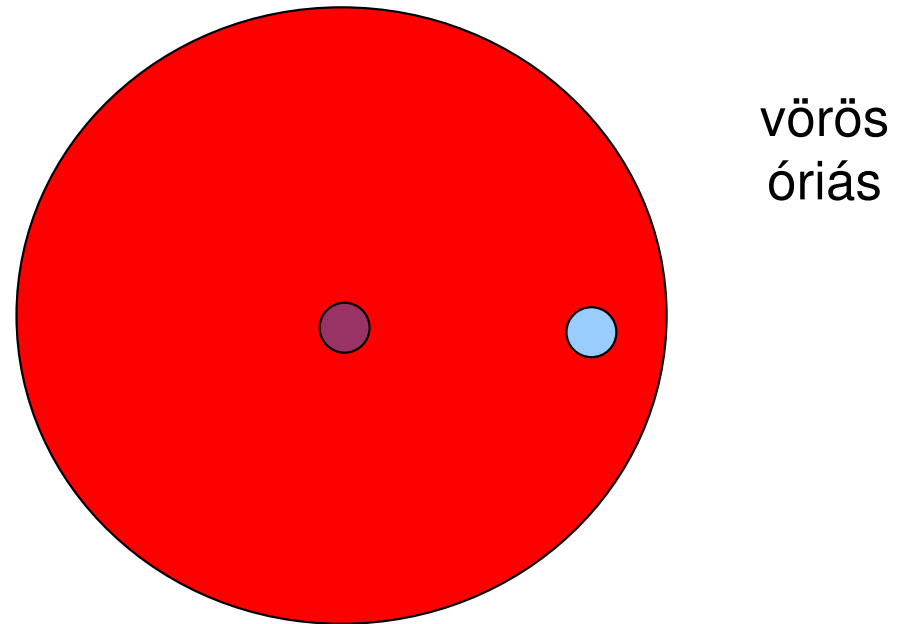
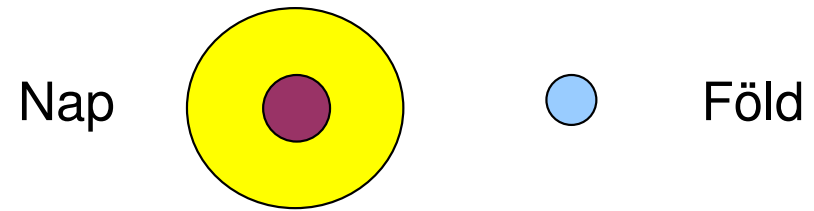
Ha elfogy a hidrogén...

a He csak hamu!



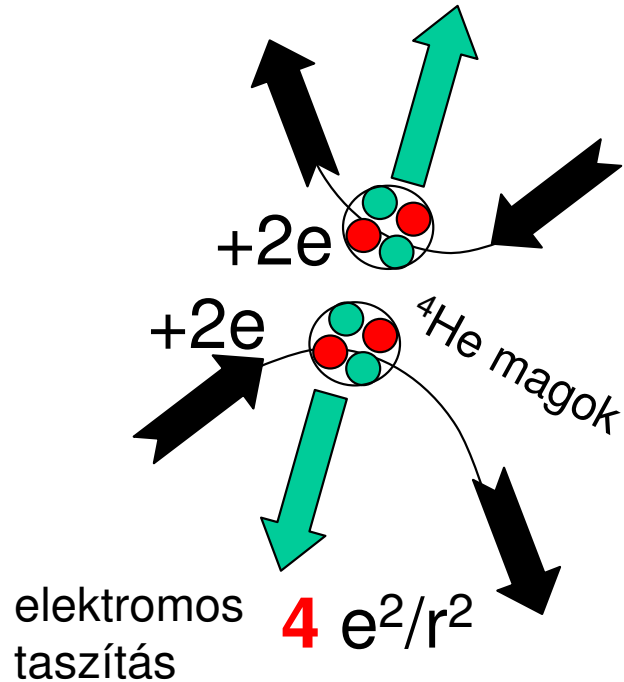
a Napban nincs elég meleg a további fúzióhoz...

túl kicsi a tömege!



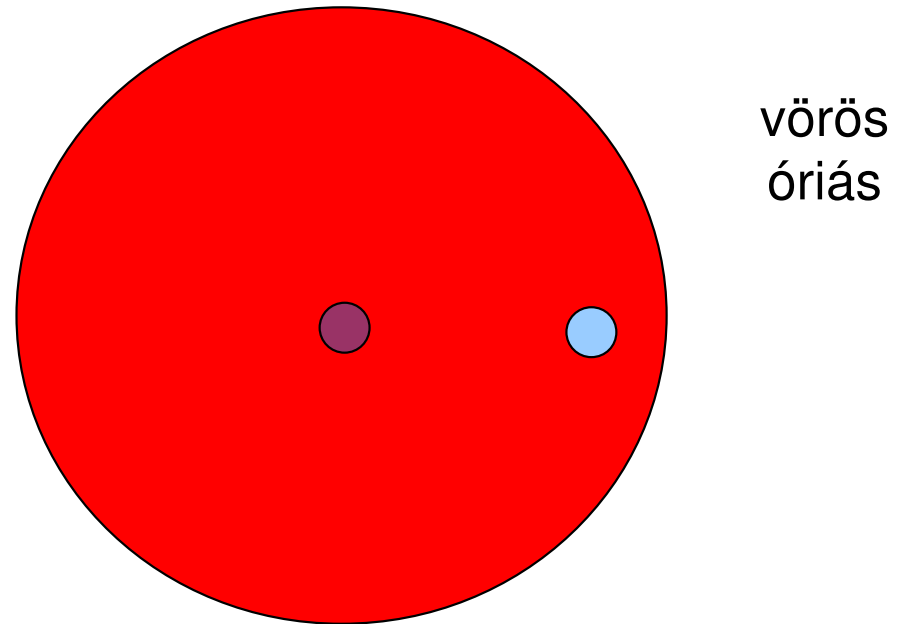
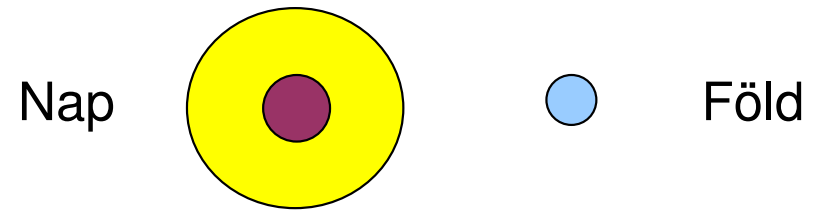
Ha elfogy a hidrogén...

a He csak hamu!



a Napban nincs elég meleg a további fúzióhoz...

túl kicsi a tömege!



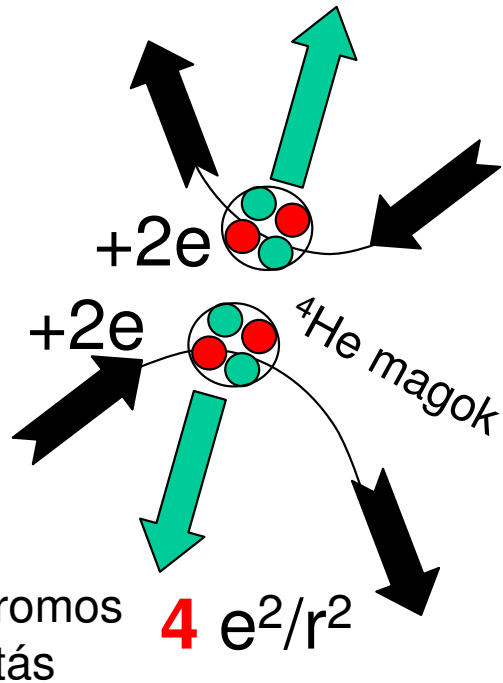
fehér törpe



kiégett Föld

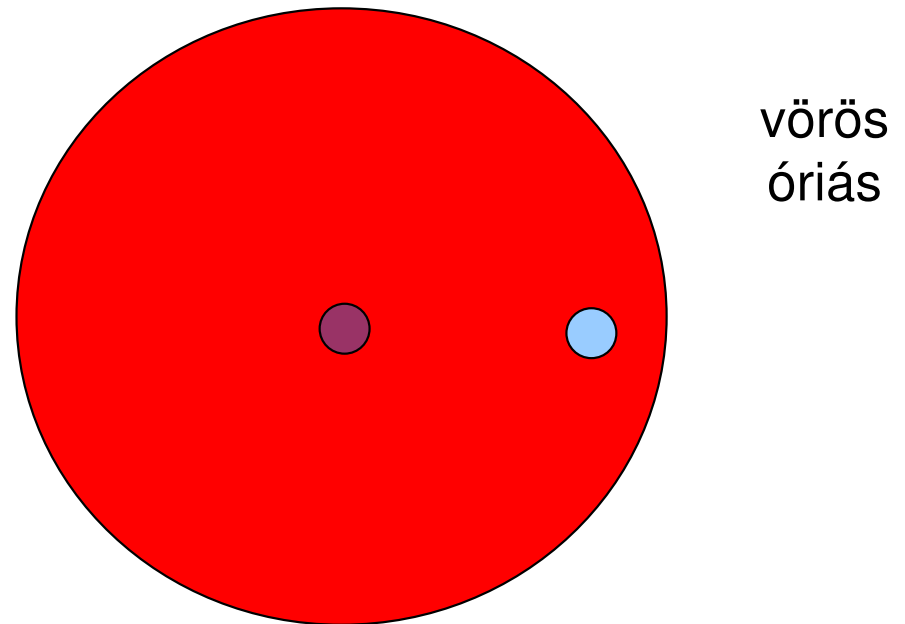
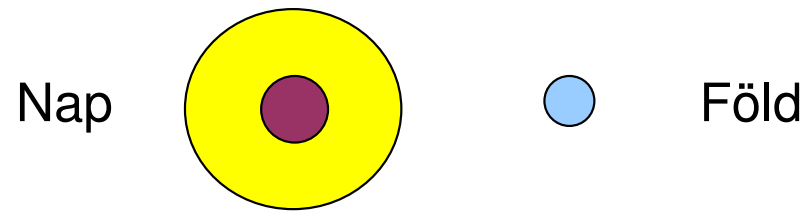
Ha elfogy a hidrogén...

a He csak hamu!



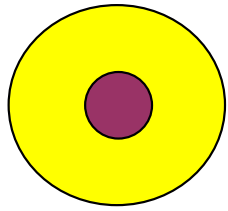
a Napban nincs elég meleg a további fúzióhoz...

túl kicsi a tömege!

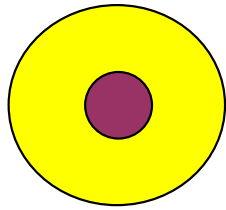


a vörös óriásból törvénytörően fehér törpe lesz... (pol. incorrect, 1976)

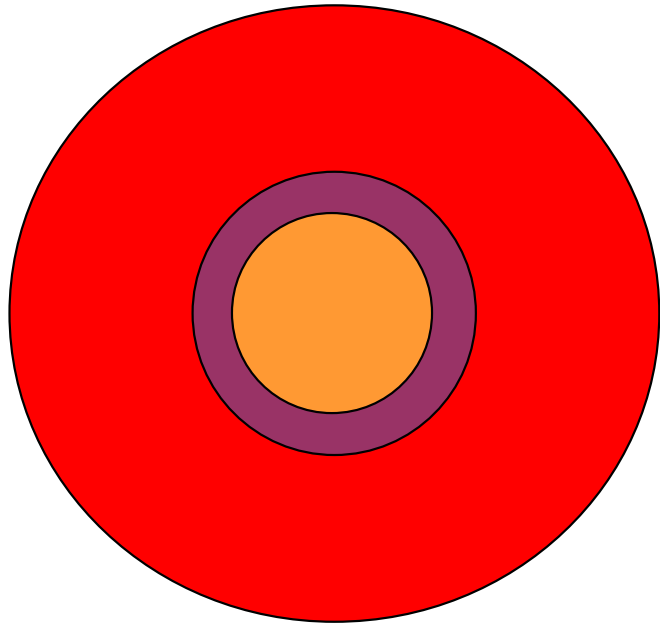




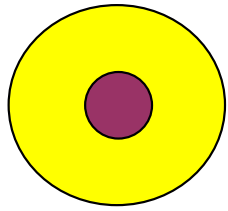
nagyobb  
tömegű  
csillag



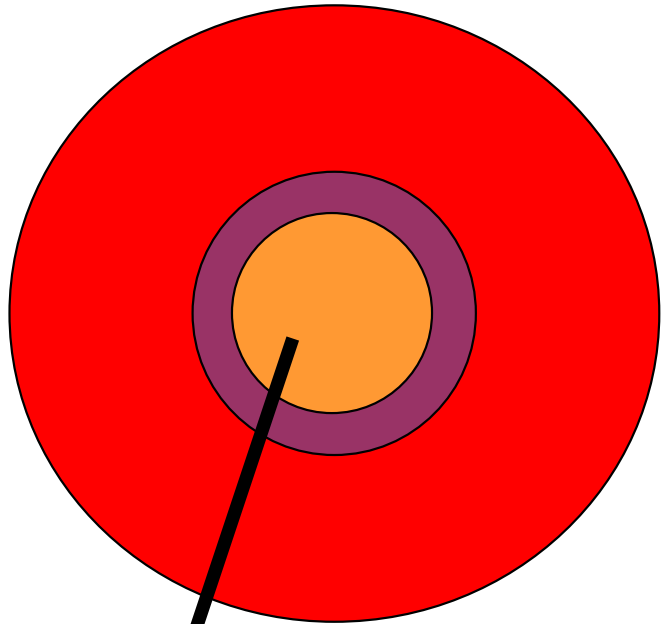
nagyobb  
tömegű  
csillag



vörös  
óriás



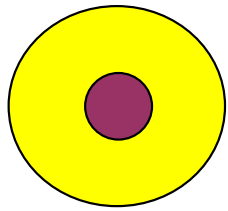
nagyobb  
tömegű  
csillag



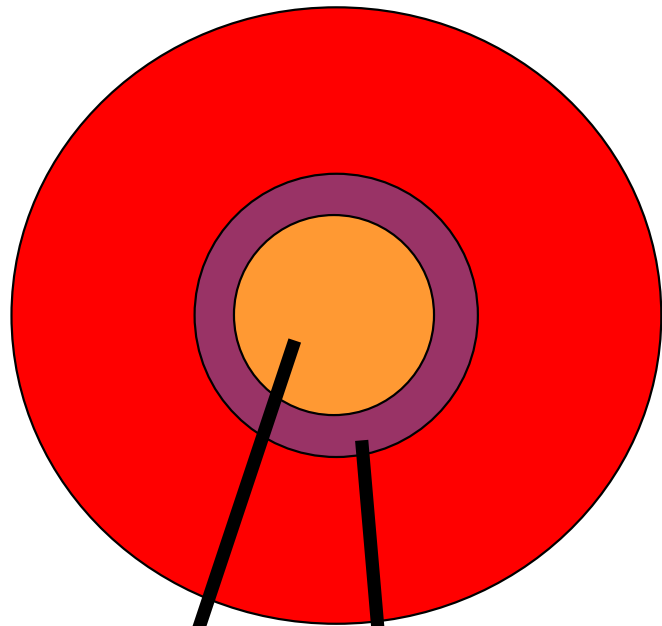
vörös  
óriás

He-  
égető  
mag





nagyobb  
tömegű  
csillag



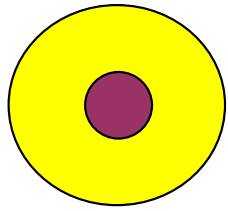
vörös  
óriás

He-  
égető  
mag

H-  
égető  
héj

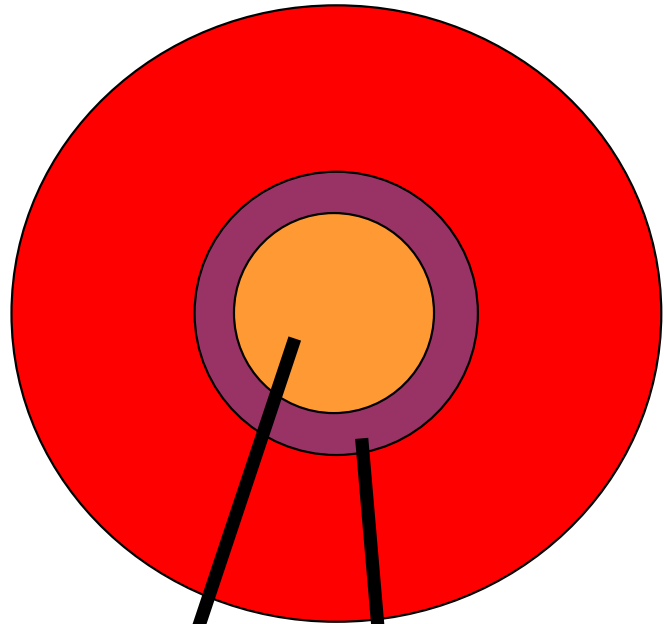






nagyobb  
tömegű  
csillag

tovább a nukleáris lejtőn...

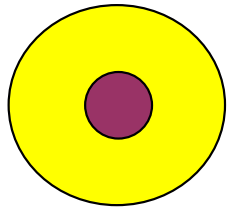


vörös  
óriás

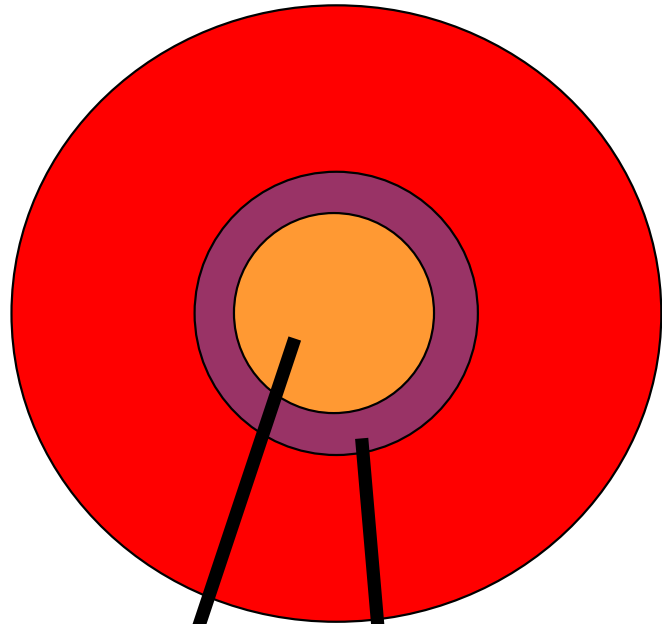
He-  
égető  
mag

H-  
égető  
héj





nagyobb  
tömegű  
csillag

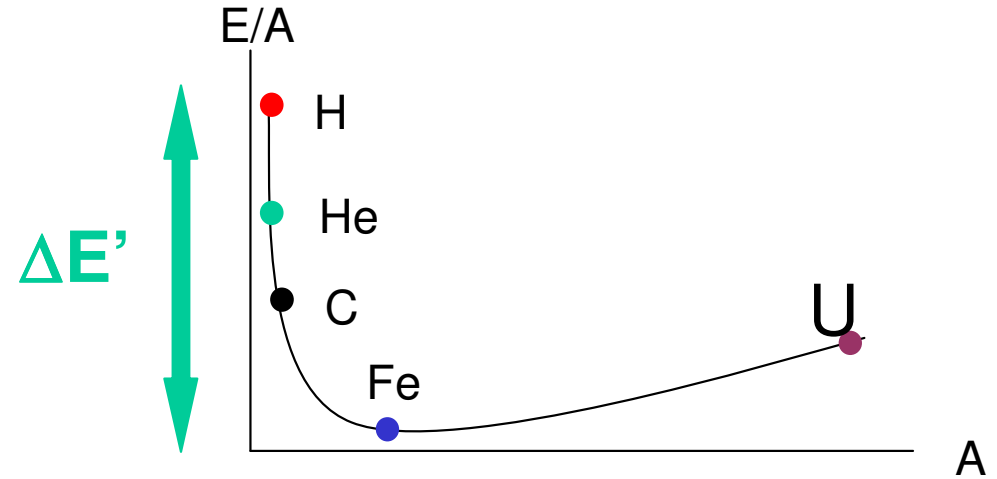


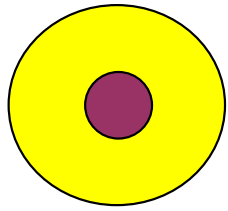
vörös  
óriás

He-  
égető  
mag

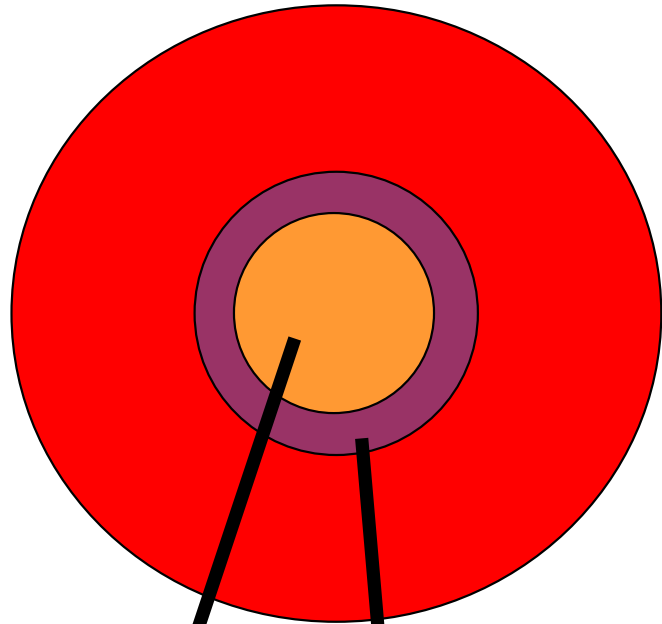
H-  
égető  
héj

tovább a nukleáris lejtőn...





nagyobb  
tömegű  
csillag

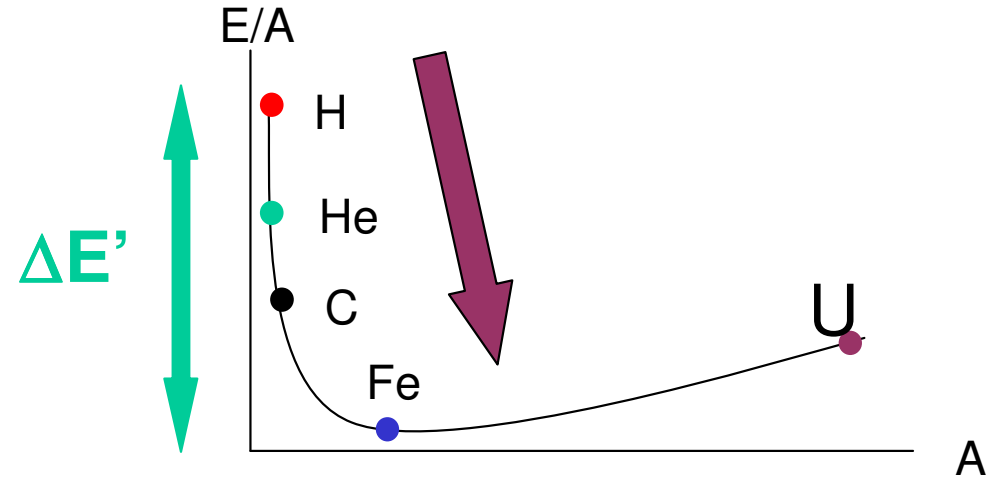


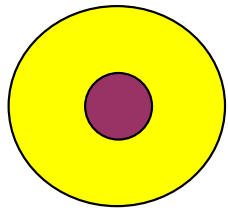
vörös  
óriás

He-  
égető  
mag

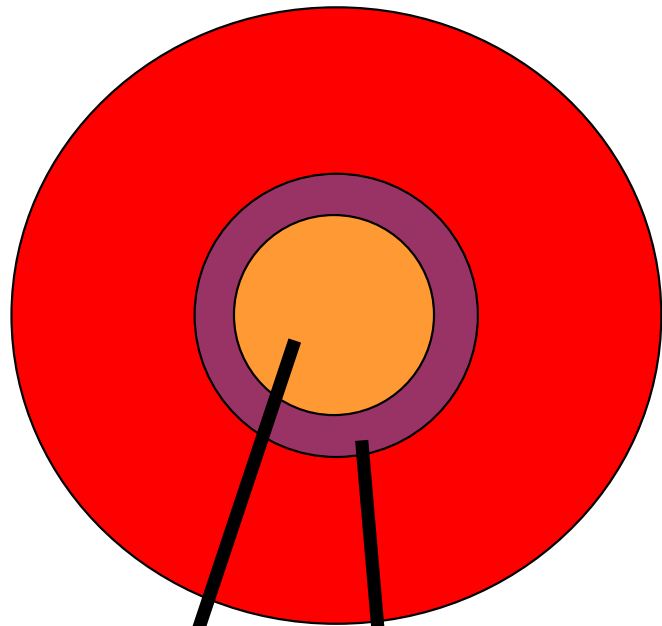
H-  
égető  
héj

tovább a nukleáris lejtőn...





nagyobb  
tömegű  
csillag

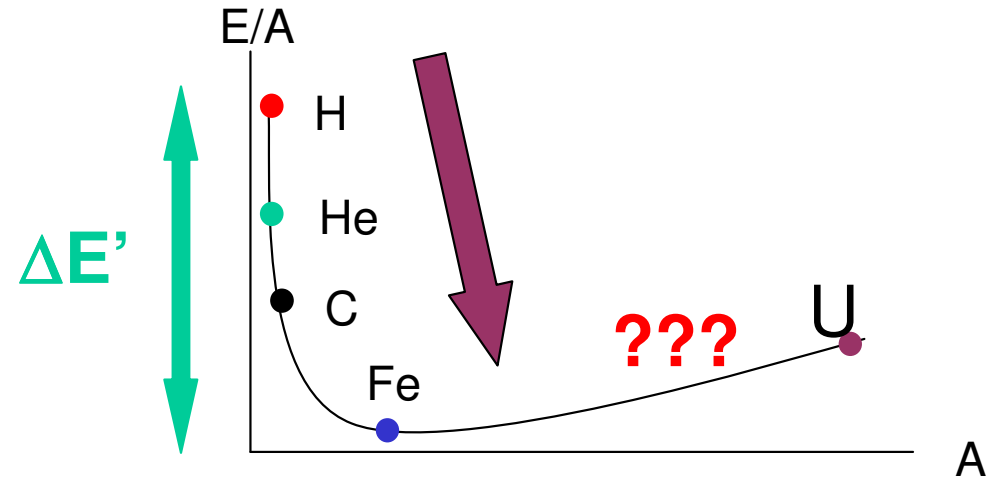


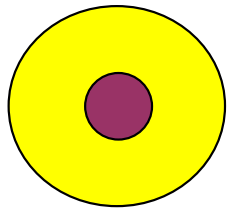
vörös  
óriás

He-  
égető  
mag

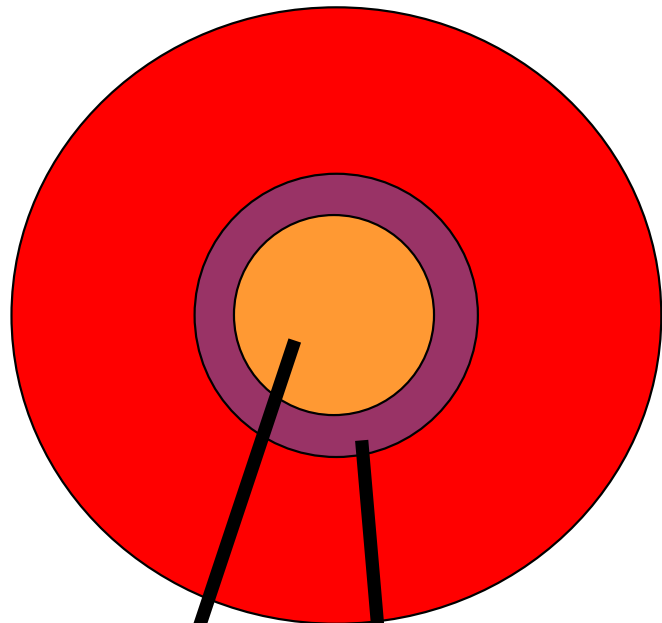
H-  
égető  
héj

tovább a nukleáris lejtőn...





nagyobb  
tömegű  
csillag

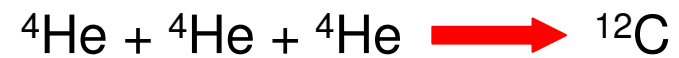
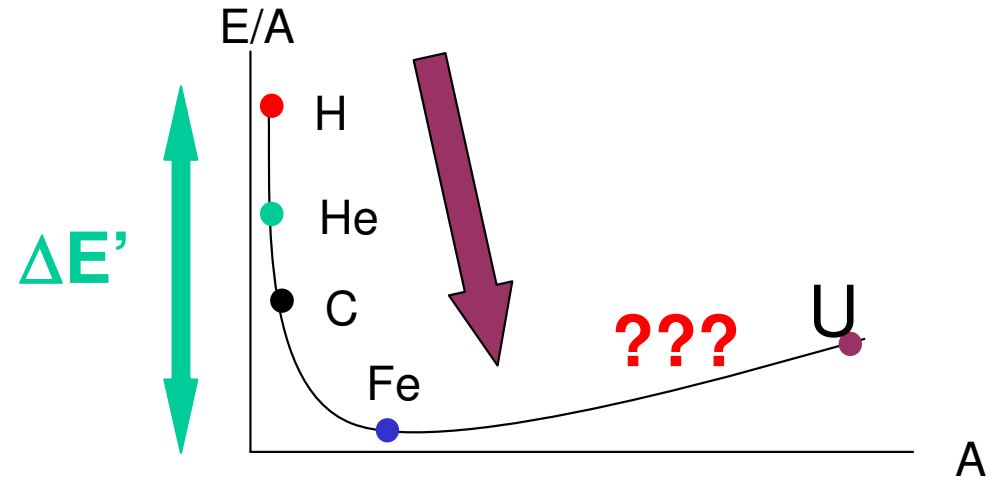


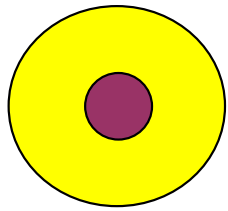
vörös  
óriás

He-  
égető  
mag

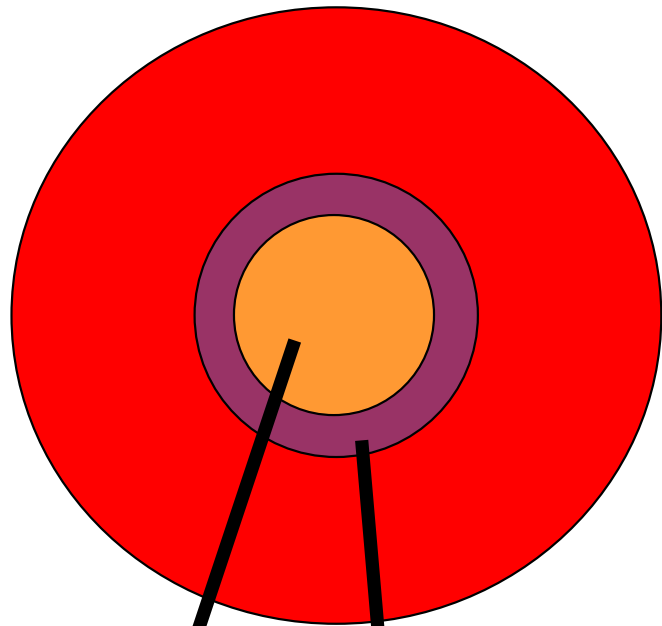
H-  
égető  
héj

tovább a nukleáris lejtőn...





nagyobb  
tömegű  
csillag

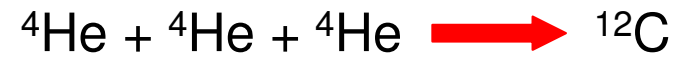
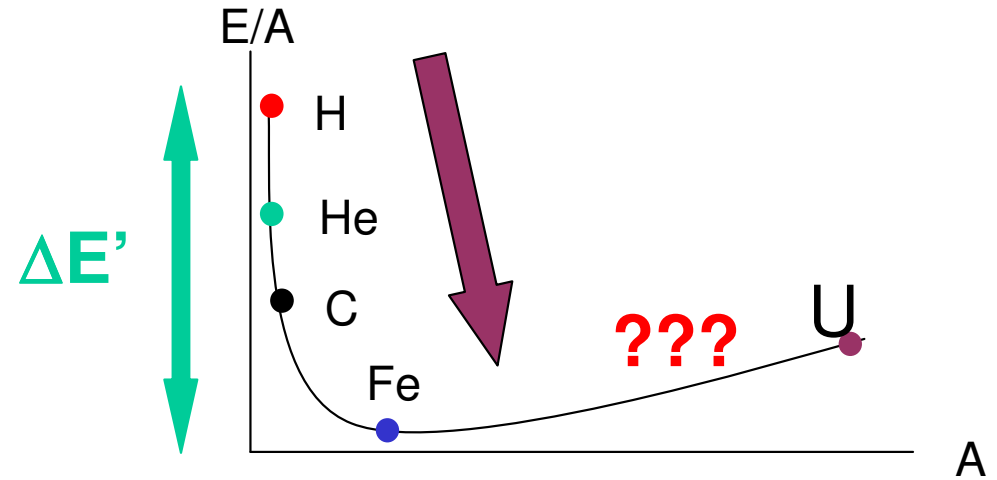


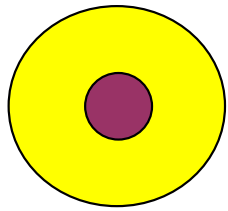
vörös  
óriás

He-  
égető  
mag

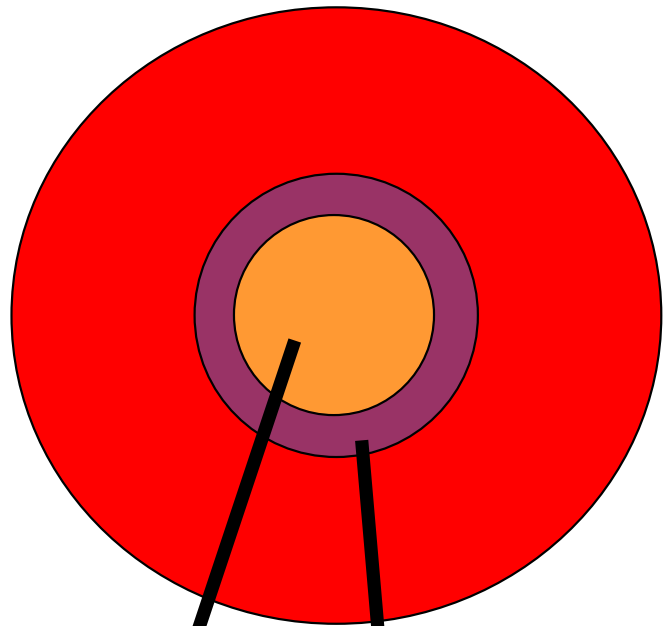
H-  
égető  
héj

tovább a nukleáris lejtőn...





nagyobb  
tömegű  
csillag

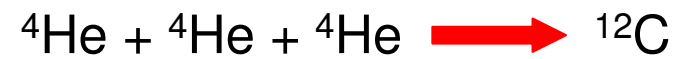
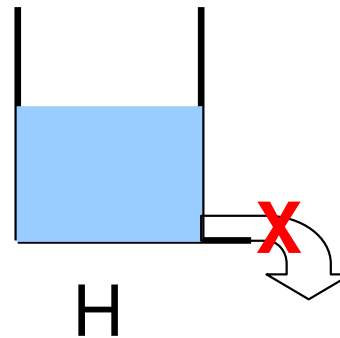
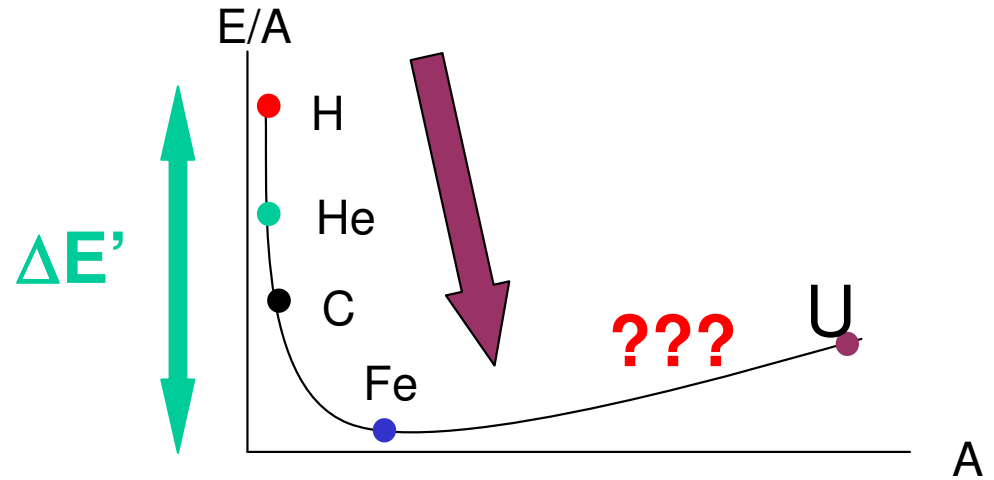


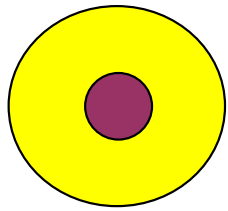
vörös  
óriás

He-  
égető  
mag

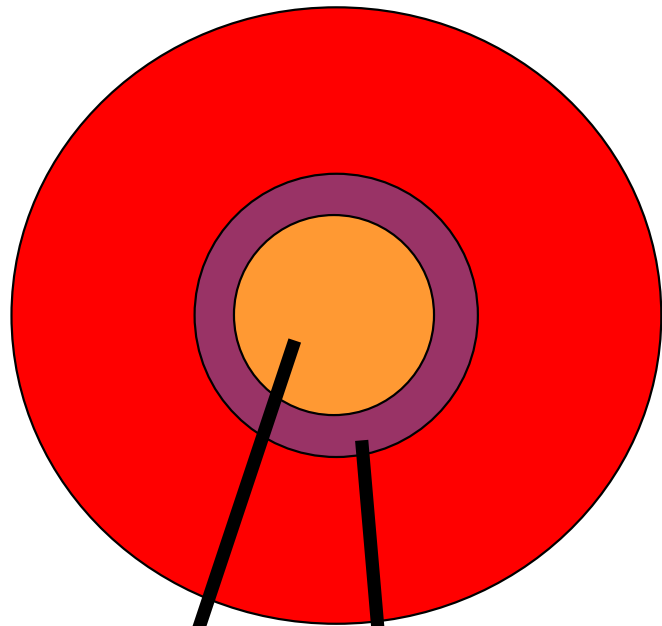
H-  
égető  
héj

tovább a nukleáris lejtőn...





nagyobb  
tömegű  
csillag

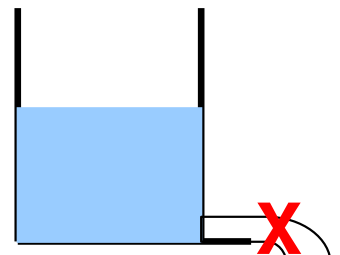
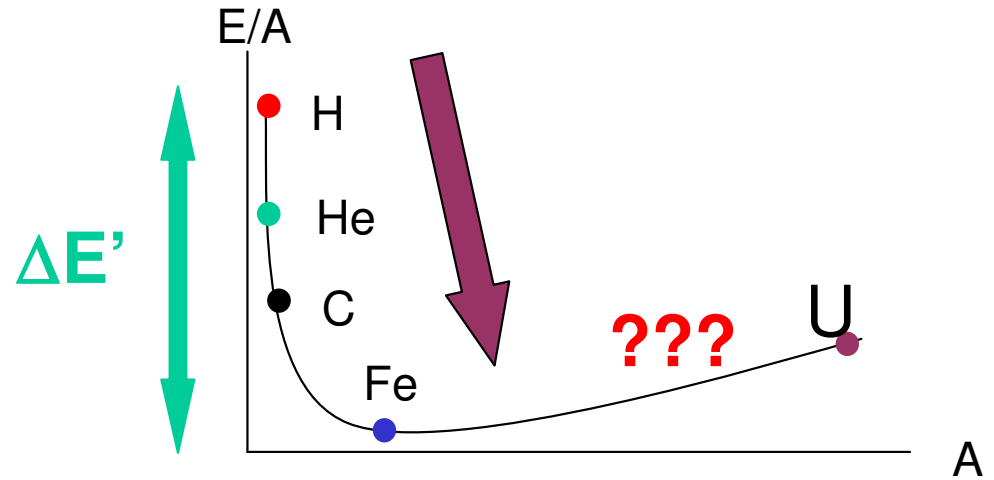


vörös  
óriás

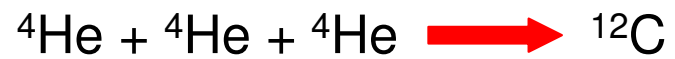
He-  
égető  
mag

H-  
égető  
héj

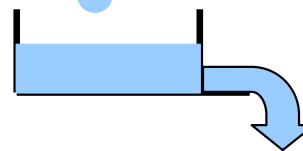
tovább a nukleáris lejtőn...



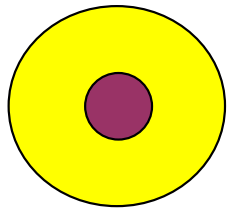
H



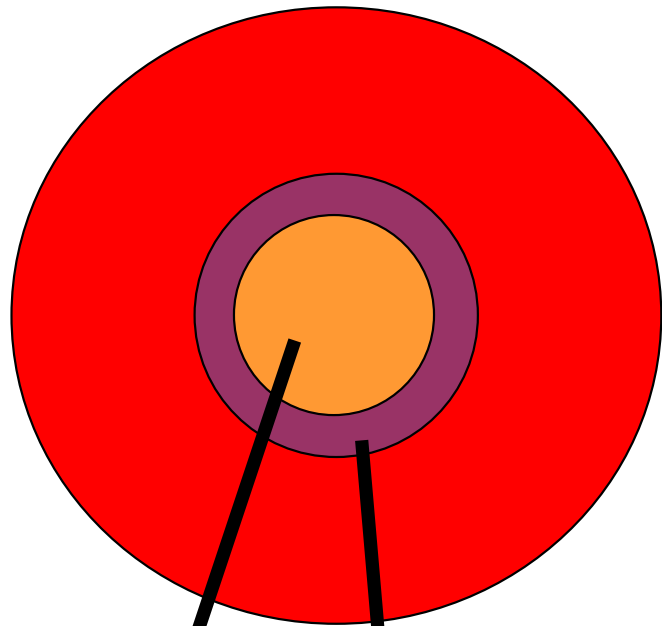
He







nagyobb  
tömegű  
csillag

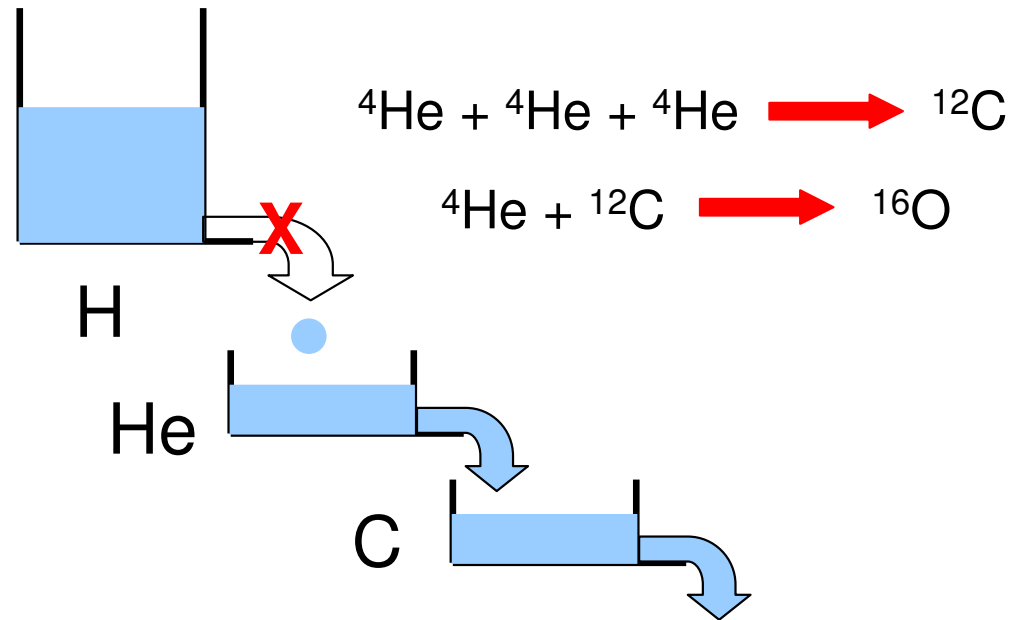
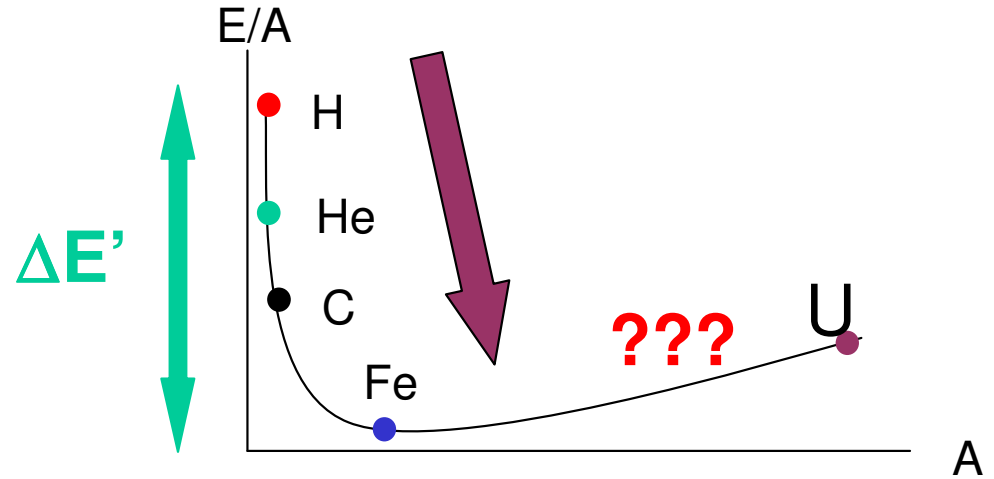


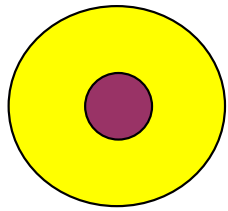
vörös  
óriás

He-  
égető  
mag

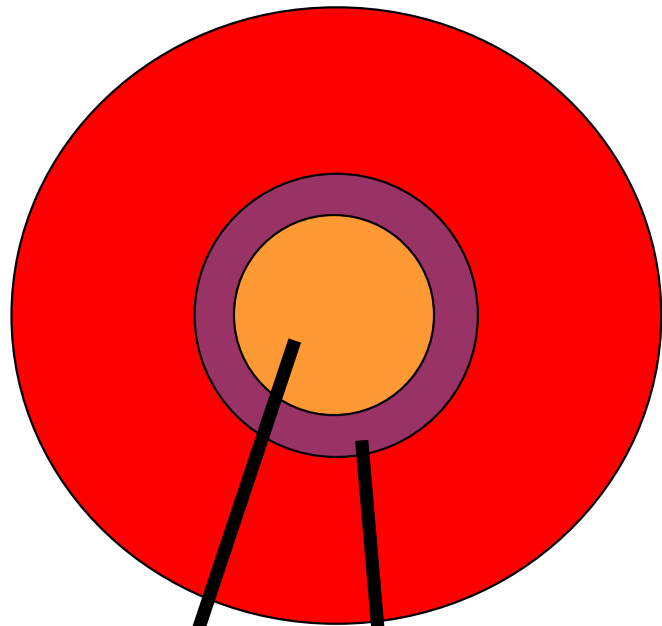
H-  
égető  
héj

tovább a nukleáris lejtőn...





nagyobb  
tömegű  
csillag

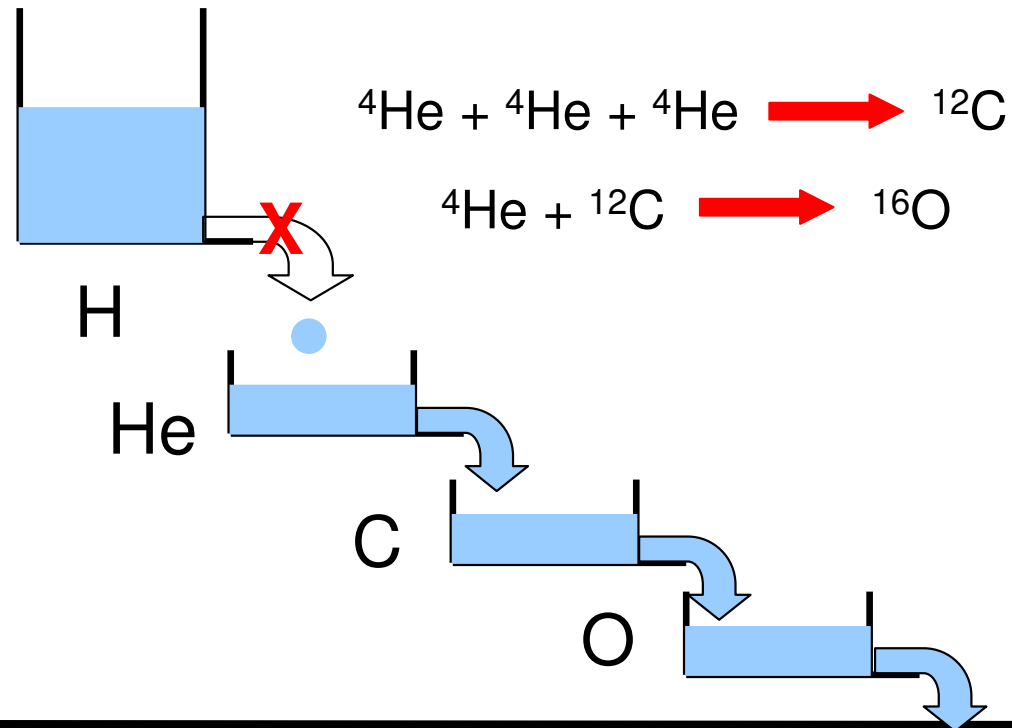
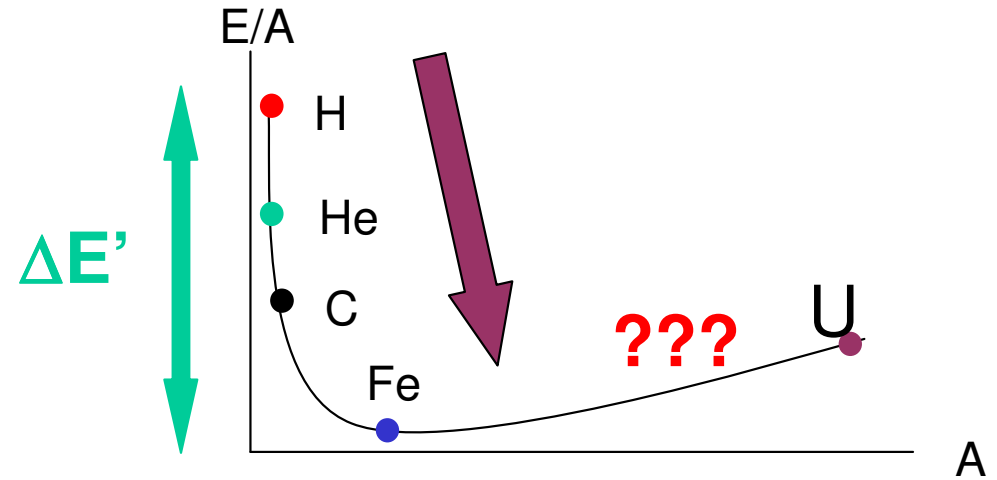


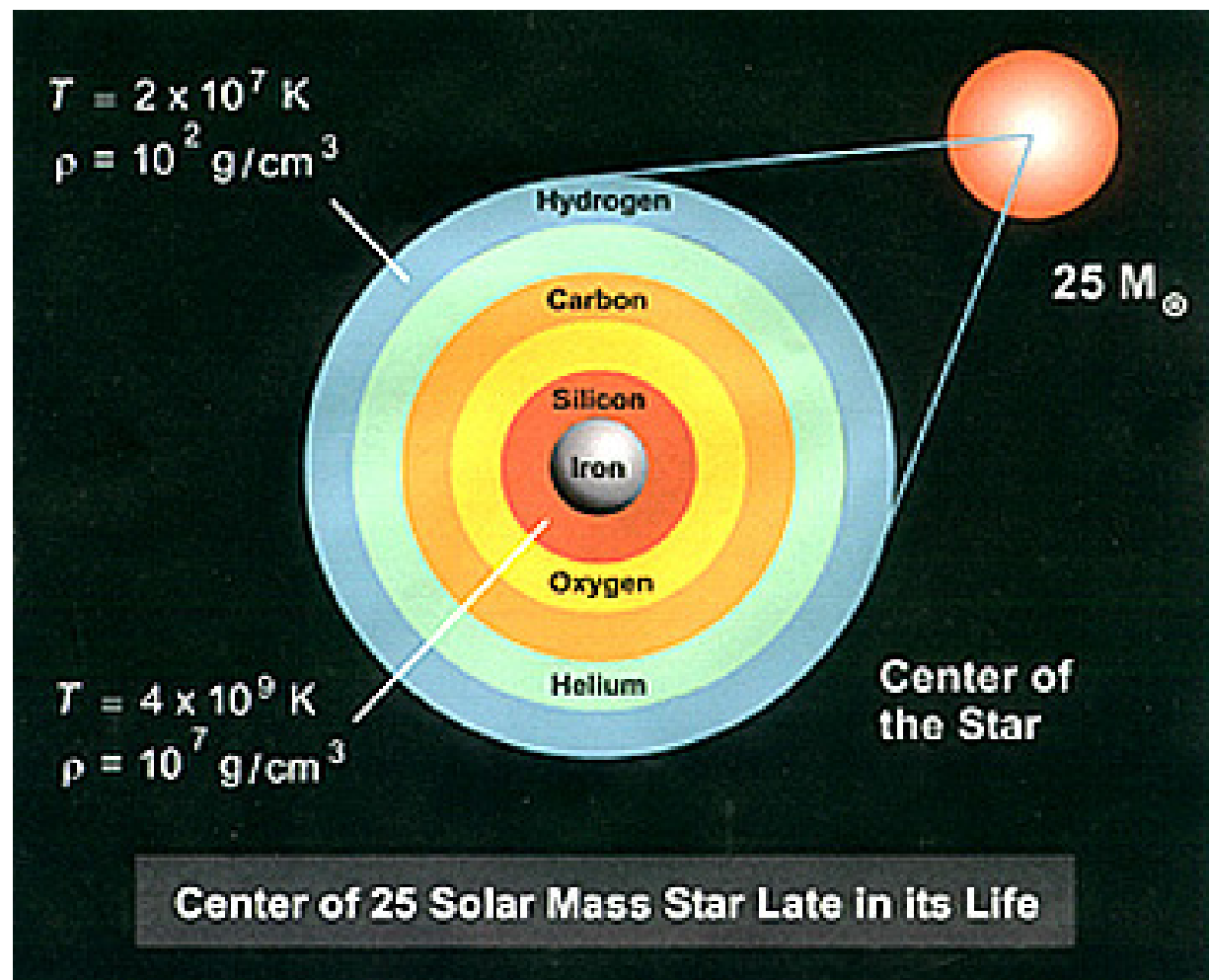
vörös  
óriás

He-  
égető  
mag

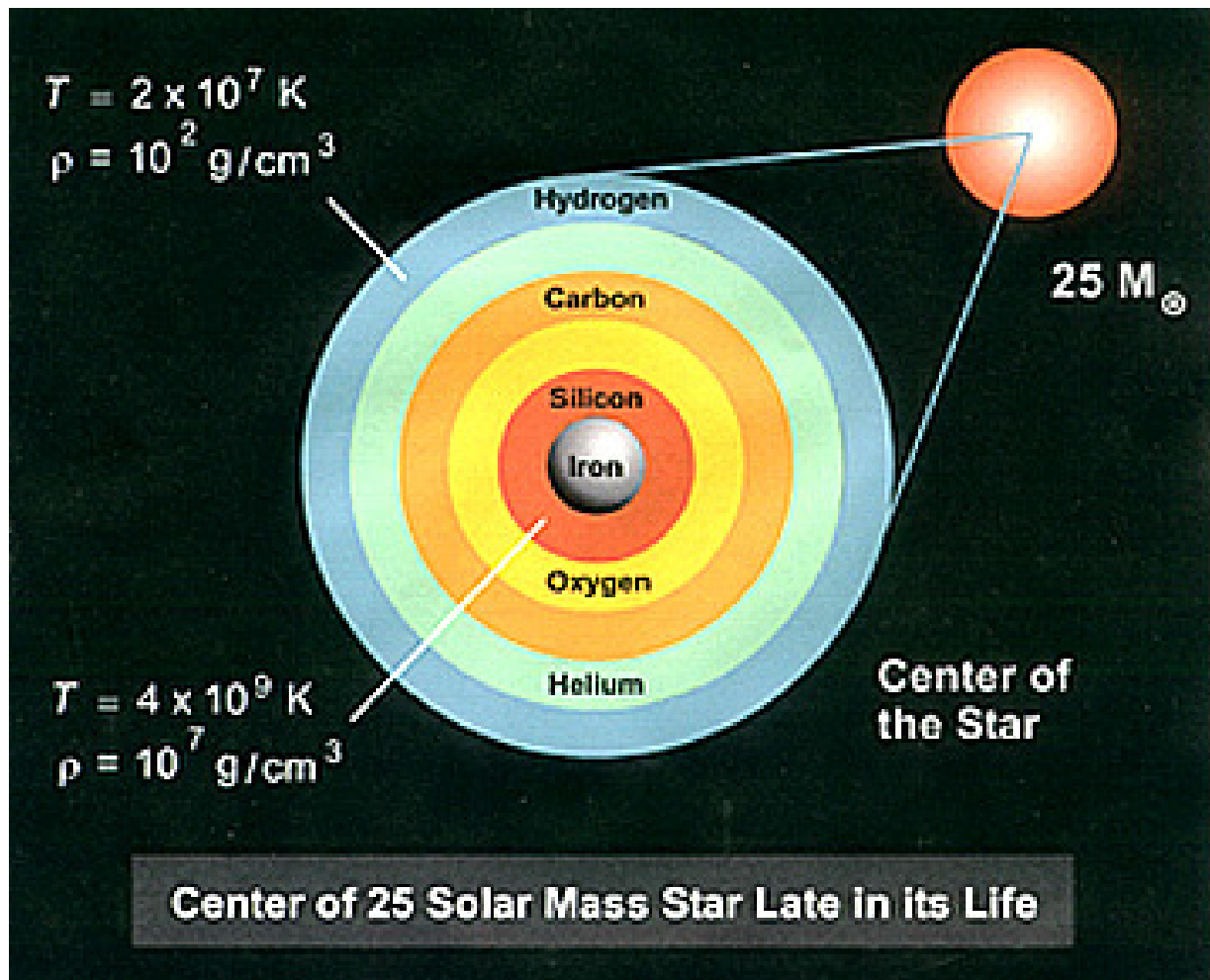
H-  
égető  
héj

tovább a nukleáris lejtőn...

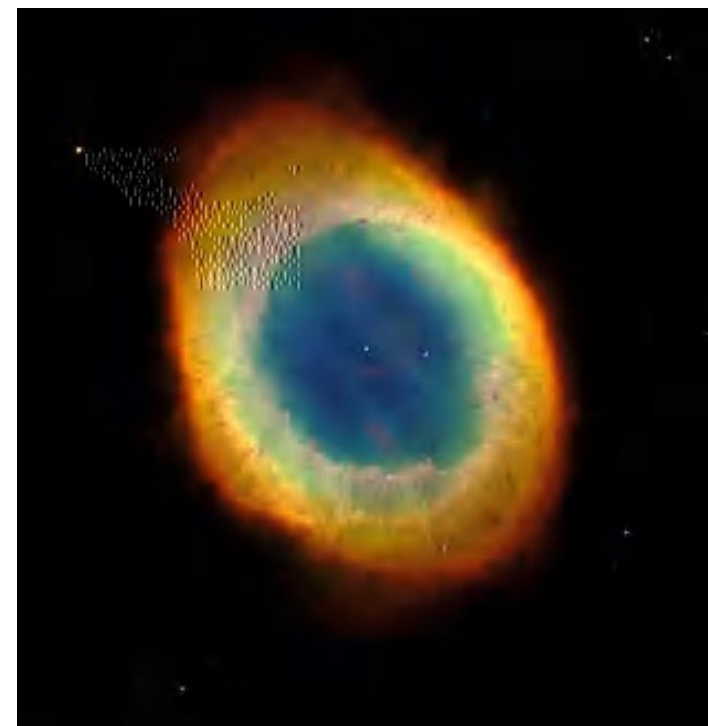




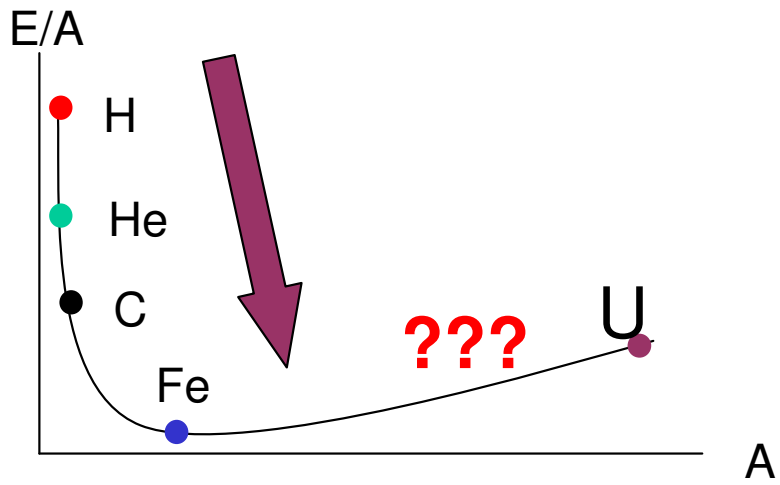
rétegek egy öreg csillagban

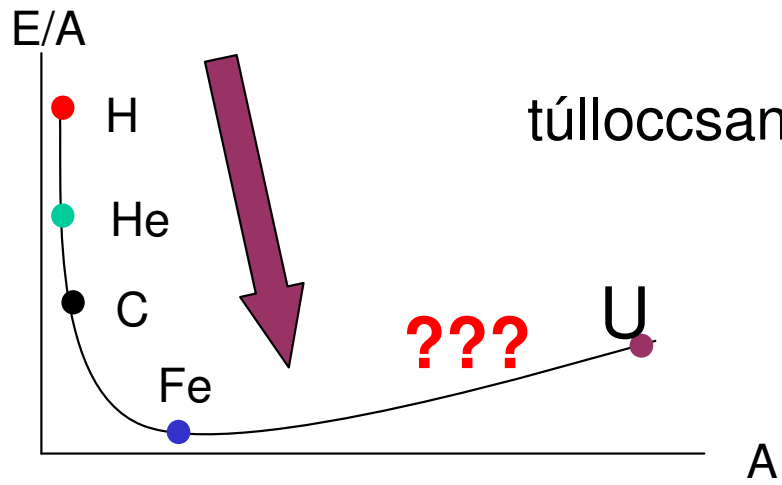


rétegek egy öreg csillagban

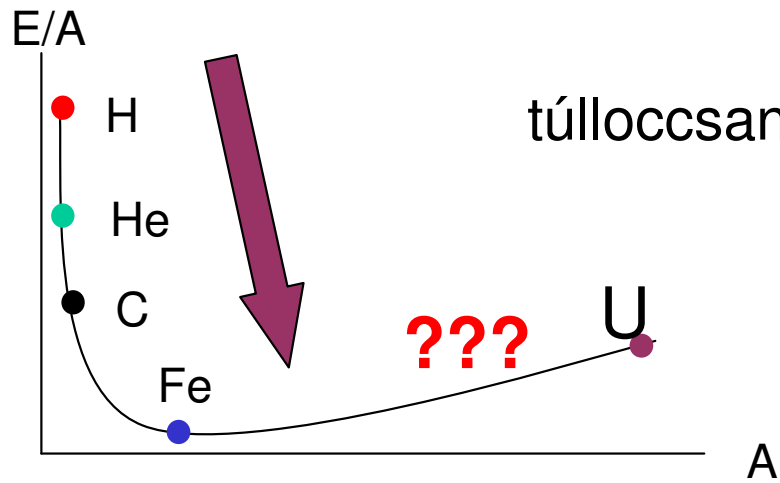


planetáris köd – egy vörös óriás kipöfögése



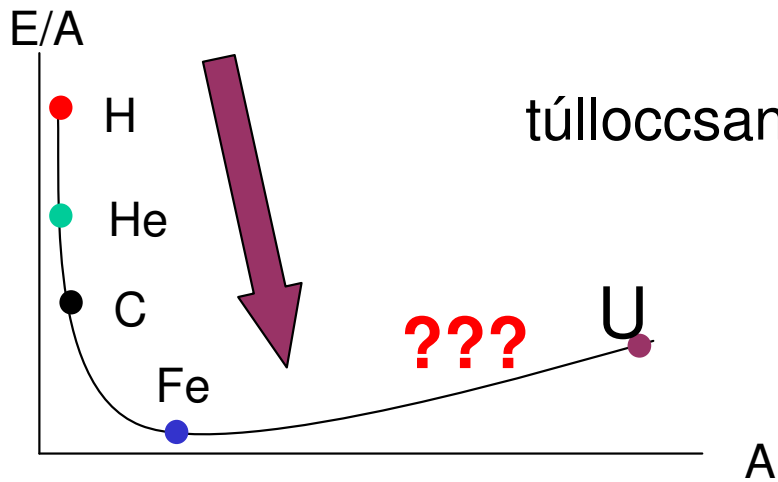


túlloccsanás: energiaveszteség...



túlloccsanás: energiaveszteség...

Ha elfogyott az összes üzemanyag:

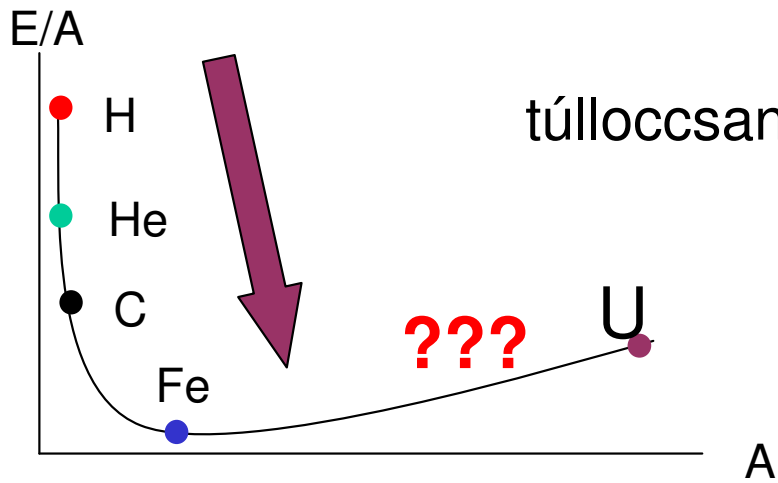


túlloccsanás: energiaveszteség...

Ha elfogyott az összes üzemanyag:

**gravitációs összeomlás**



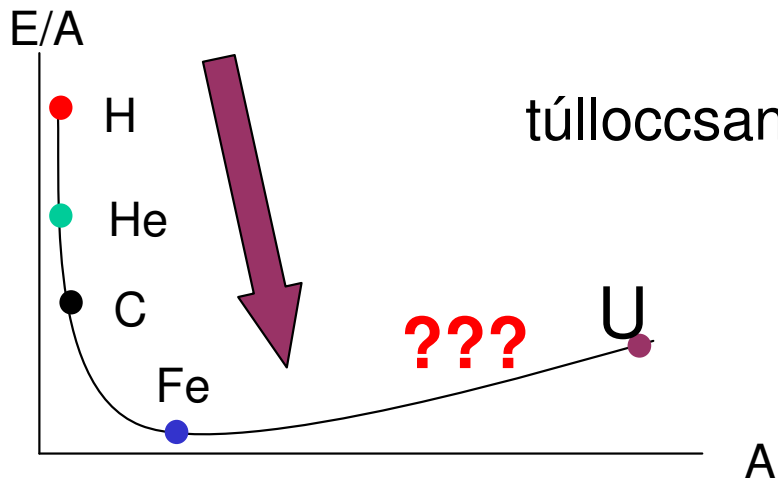


túlloccsanás: energiaveszteség...

Ha elfogyott az összes üzemanyag:

**gravitációs összeomlás**

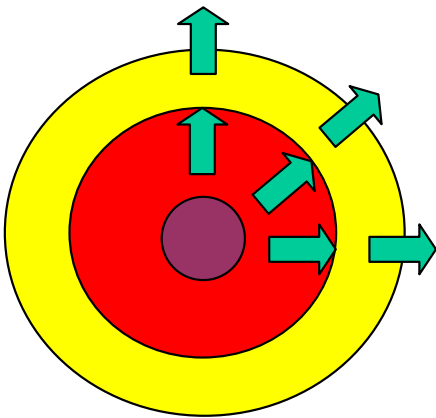
(néhány perc alatt)



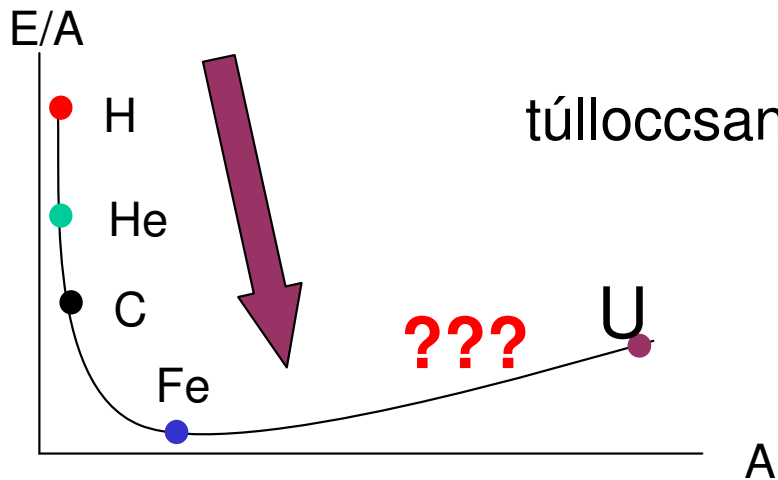
Ha elfogyott az összes üzemanyag:

## gravitációs összeomlás

(néhány perc alatt)



világító csillag,  
a gravitáció és  
a sugárzás  
egyensúlyban  
van

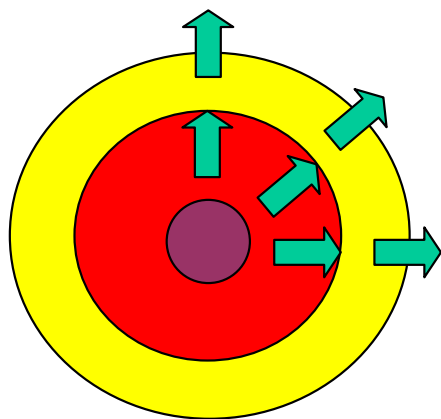


túlloccsanás: energiaveszteség...

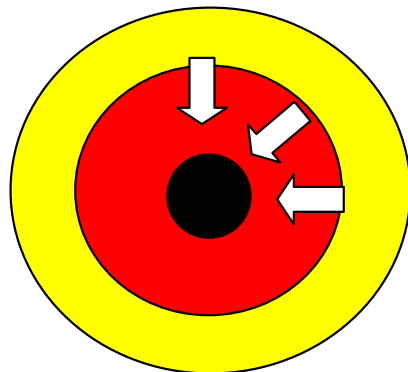
Ha elfogyott az összes üzemanyag:

## gravitációs összeomlás

(néhány perc alatt)

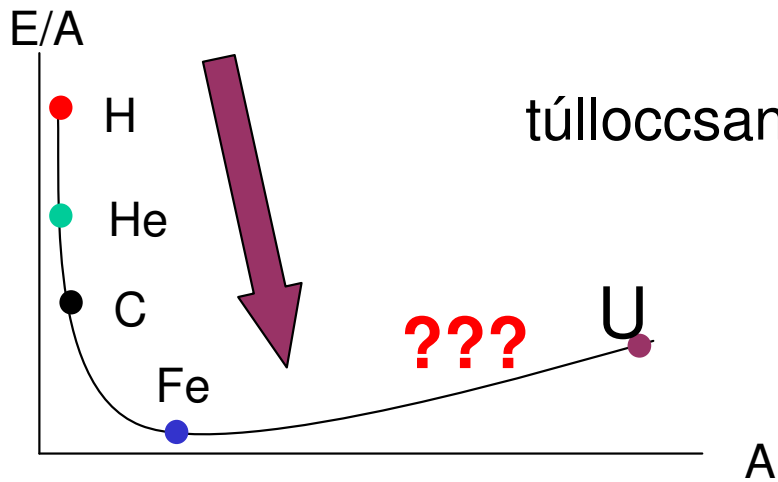


világító csillag,  
a gravitáció és  
a sugárzás  
egyensúlyban  
van



elfogyott az üzemanyag,  
kezdődik a beomlás

közben a nehéz  
atommagok szintézise  
(energianyelő folyamat)

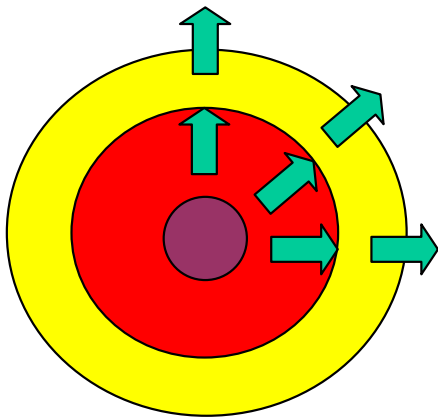


túlloccsanás: energiaveszteség...

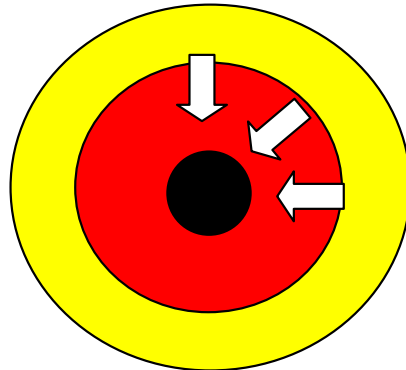
Ha elfogyott az összes üzemanyag:

## gravitációs összeomlás

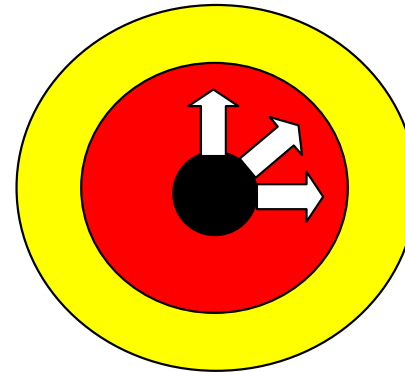
(néhány perc alatt)



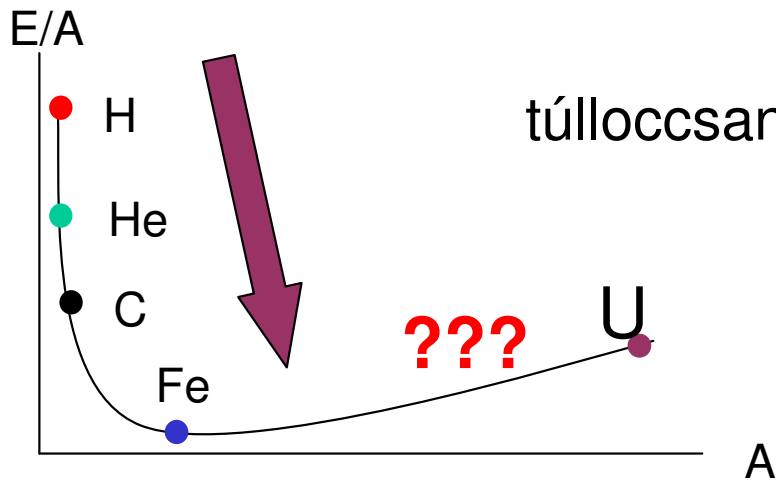
világító csillag,  
a gravitáció és  
a sugárzás  
egyensúlyban  
van



elfogyott az üzemanyag,  
kezdődik a beomlás  
  
közben a nehéz  
atommagok szintézise  
(energianyelő folyamat)



visszapattanás a  
„kemény magról”  
  
az anyag  
megindul kifelé

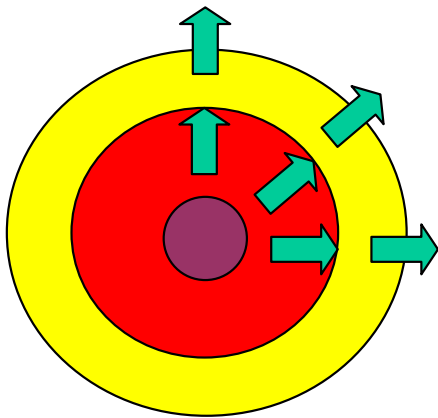


túlloccsanás: energiaveszteség...

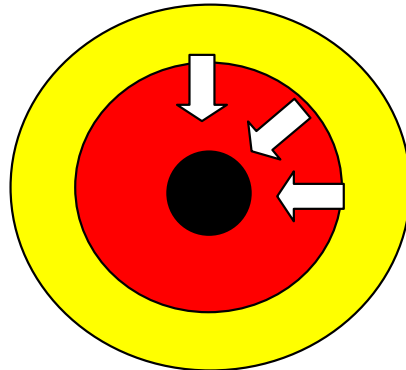
Ha elfogyott az összes üzemanyag:

## gravitációs összeomlás

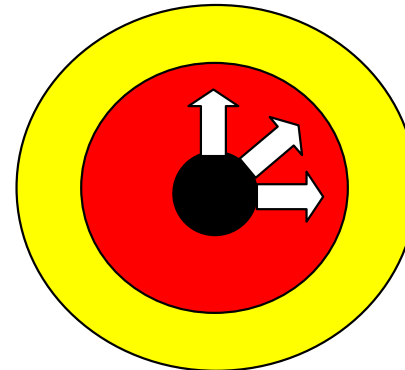
(néhány perc alatt)



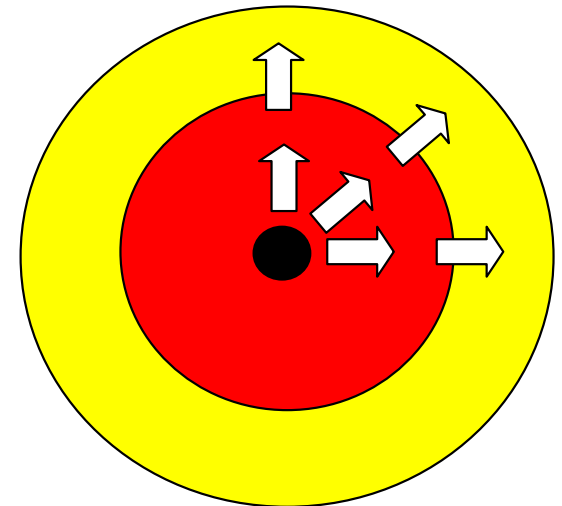
világító csillag,  
a gravitáció és  
a sugárzás  
egyensúlyban  
van



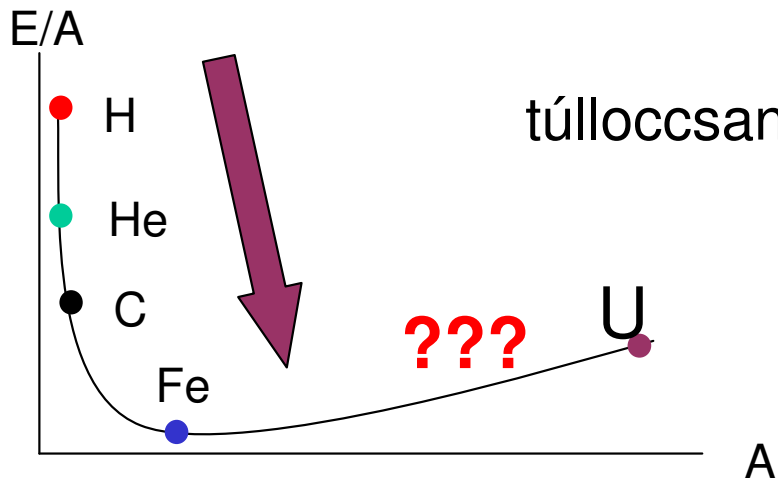
elfogyott az üzemanyag,  
kezdődik a beomlás  
  
közben a nehéz  
atommagok szintézise  
(energianyelő folyamat)



visszapattanás a  
„kemény magról”  
  
az anyag  
megindul kifelé



a robbanás lefújja a  
csillag külső rétegeit

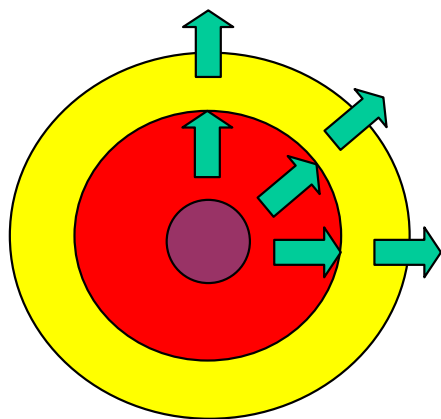


túlloccsanás: energiaveszteség...

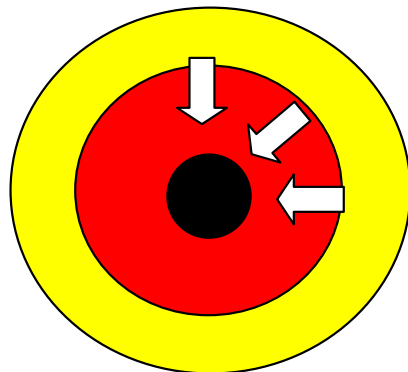
Ha elfogyott az összes üzemanyag:

## gravitációs összeomlás

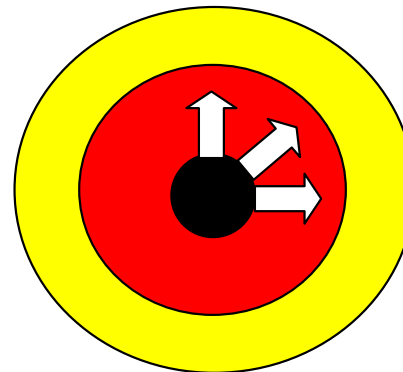
(néhány perc alatt)



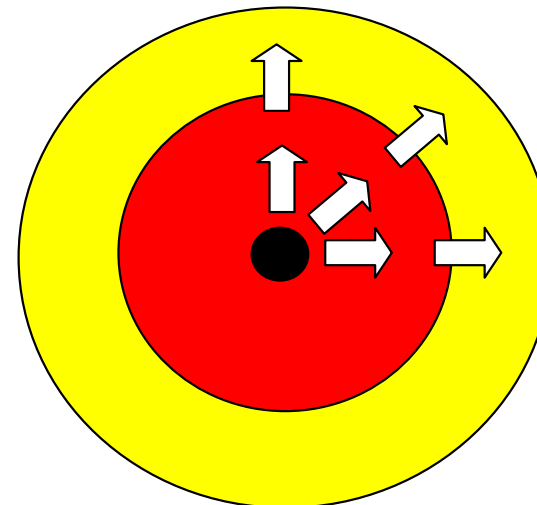
világító csillag,  
a gravitáció és  
a sugárzás  
egyensúlyban  
van



elfogyott az üzemanyag,  
kezdődik a beomlás  
  
közben a nehéz  
atommagok szintézise  
(energianyelő folyamat)

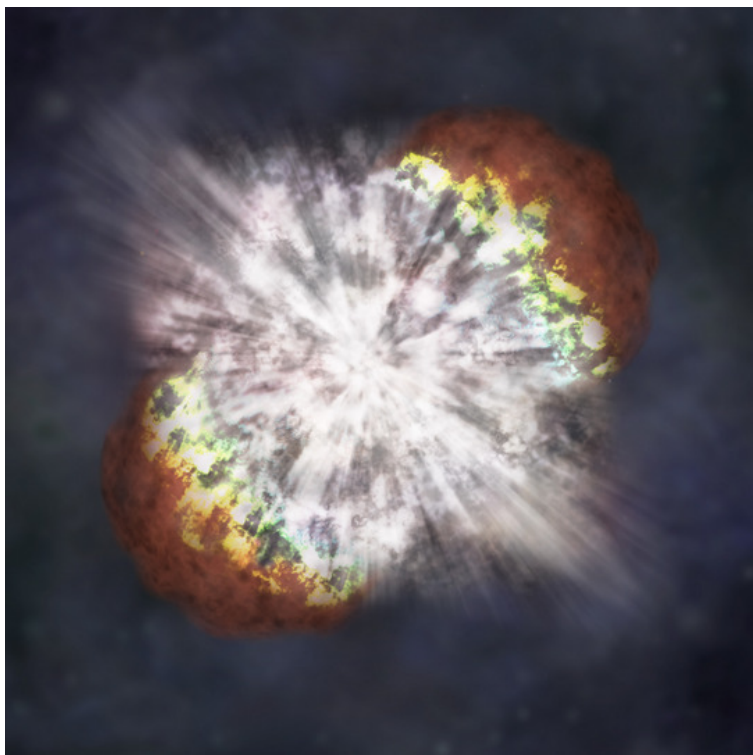


visszapattanás a  
„kemény magról”  
  
az anyag  
megindul kifelé



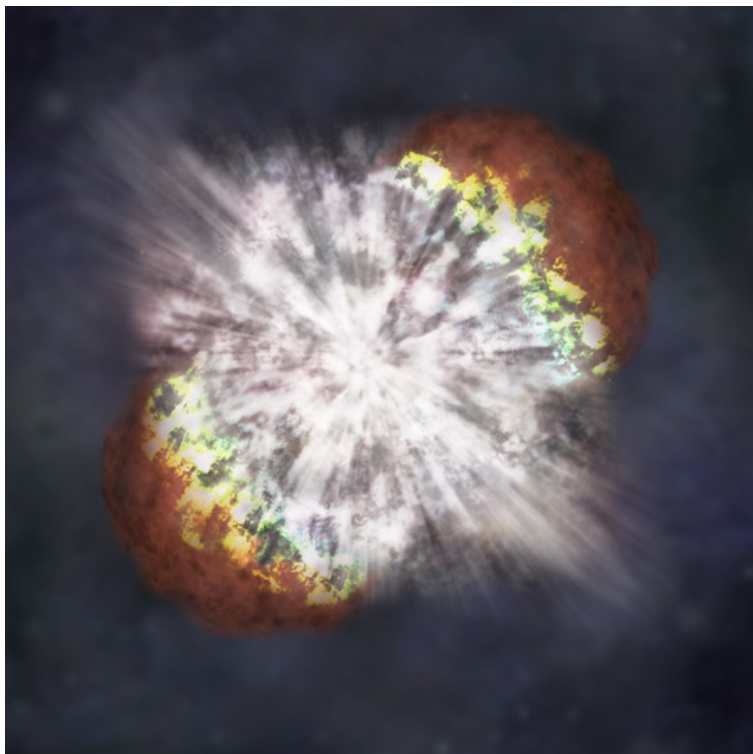
a robbanás lefújja a  
csillag külső rétegeit

## SZUPERNOVA



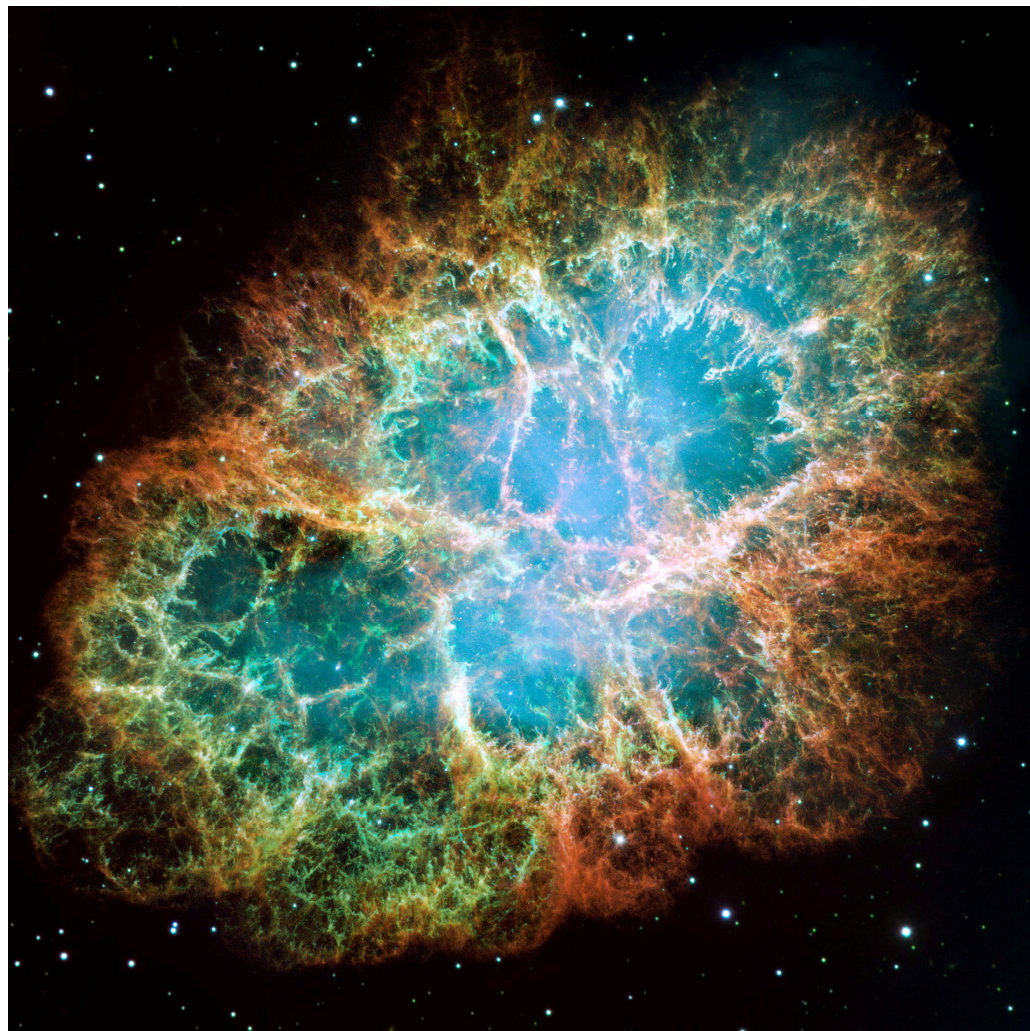
egy szupernova fantáziaképe



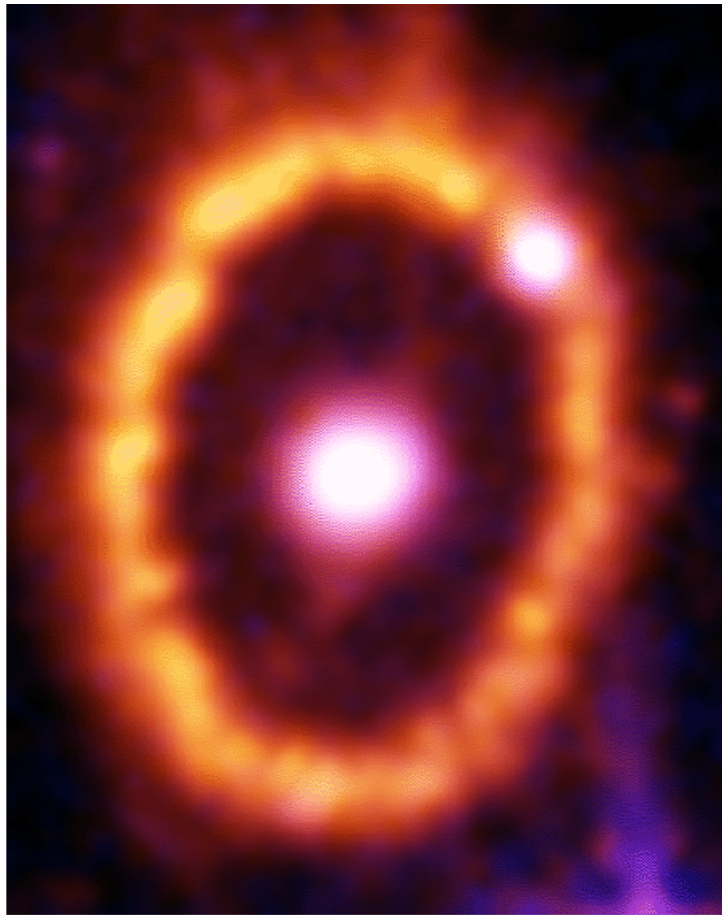


egy szupernova fantáziaképe

a Rák-köd: szupernova-  
maradvány 1000 év után

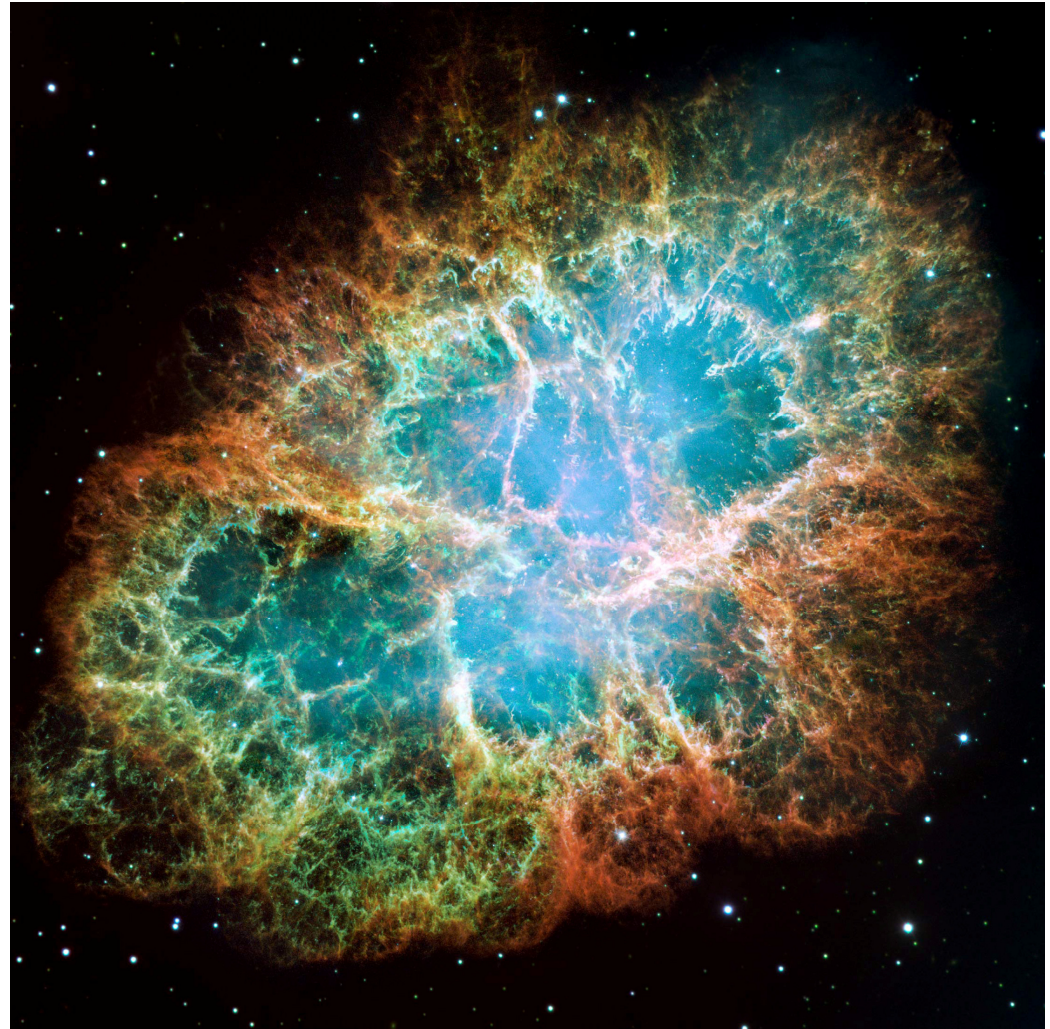


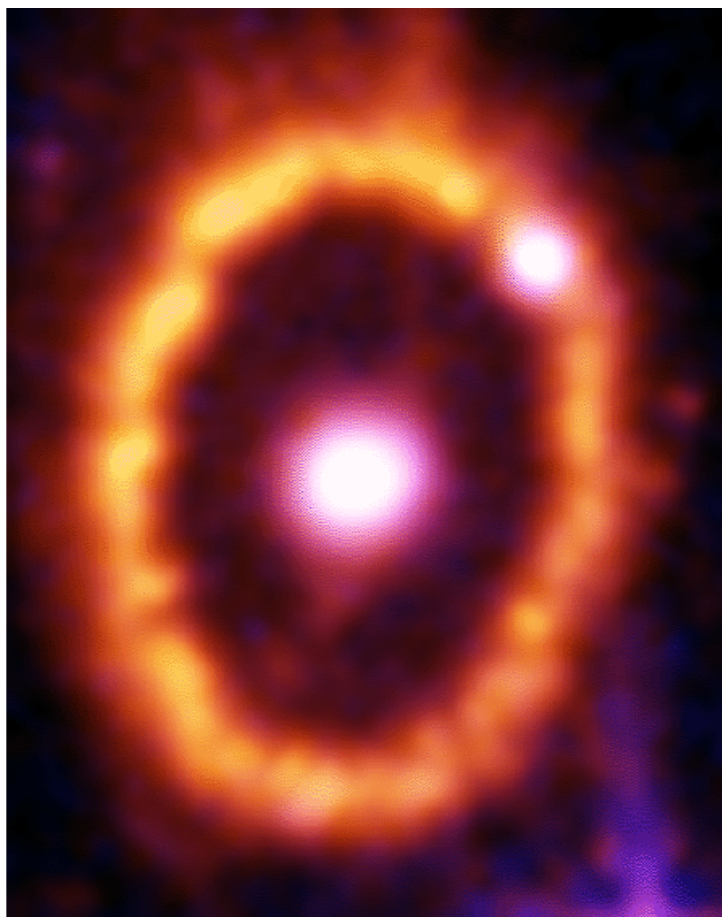




az 1987-es Magellán-ködbeli  
szupernova 2005-ben

a Rák-köd: szupernova-  
maradvány 1000 év után





az 1987-es Magellán-ködbeli  
szupernova 2005-ben

az 1987-es Magellán-ködbeli  
szupernova 2010-ben



# SZUPERNOVA



# **SZUPERNOVA** a legnagyobb környezetszennyezés:





**SZUPERNOVA** a legnagyobb környezetszennyezés:

a felrobbanó csillag szétszórja a nehéz atommagokat az űrbe



**SZUPERNOVA** a legnagyobb környezetszennyezés:

a felrobbanó csillag szétszórja a nehéz atommagokat az űrbe

a hűlő anyag elektronokat vesz fel:

atomokat, molekulákat, kristályokat alkot (az első szilárd anyag)



**SZUPERNOVA** a legnagyobb környezetszennyezés:

a felrobbanó csillag szétszórja a nehéz atommagokat az űrbe

a hűlő anyag elektronokat vesz fel:

atomokat, molekulákat, kristályokat alkot (az első szilárd anyag)

**ebből lesz a nehezebb elemekkel szennyezett gáz- és porfelhő:  
a későbbi csillagok (köztük a Nap) alapanyaga**



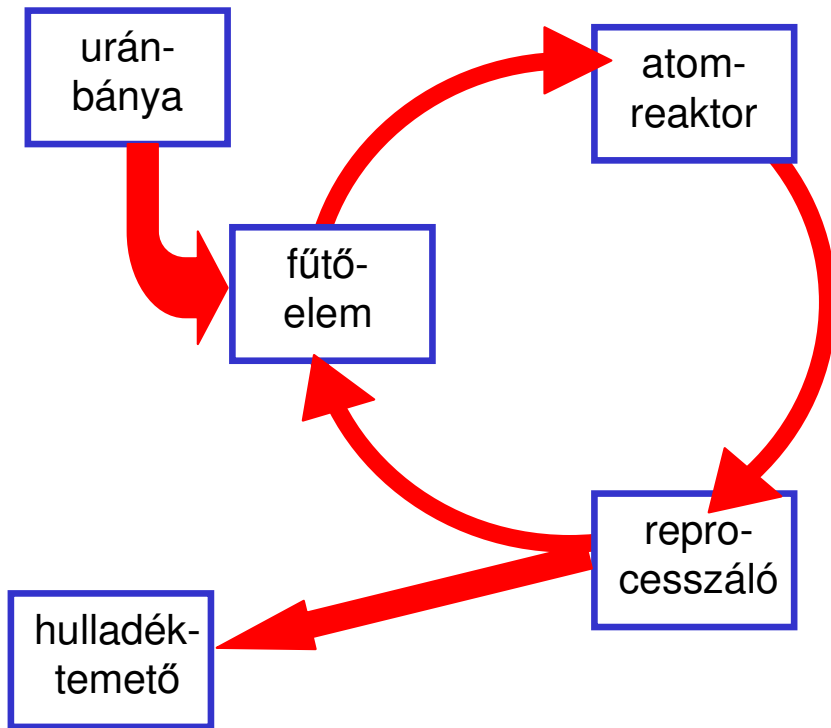
# **SZUPERNOVA** a legnagyobb környezetszennyezés:

a felrobbanó csillag szétszórja a nehéz atommagokat az űrbe

a hűlő anyag elektronokat vesz fel:

atomokat, molekulákat, kristályokat alkot (az első szilárd anyag)

**ebből lesz a nehezebb elemekkel szennyezett gáz- és porfelhő:  
a későbbi csillagok (köztük a Nap) alapanyaga**





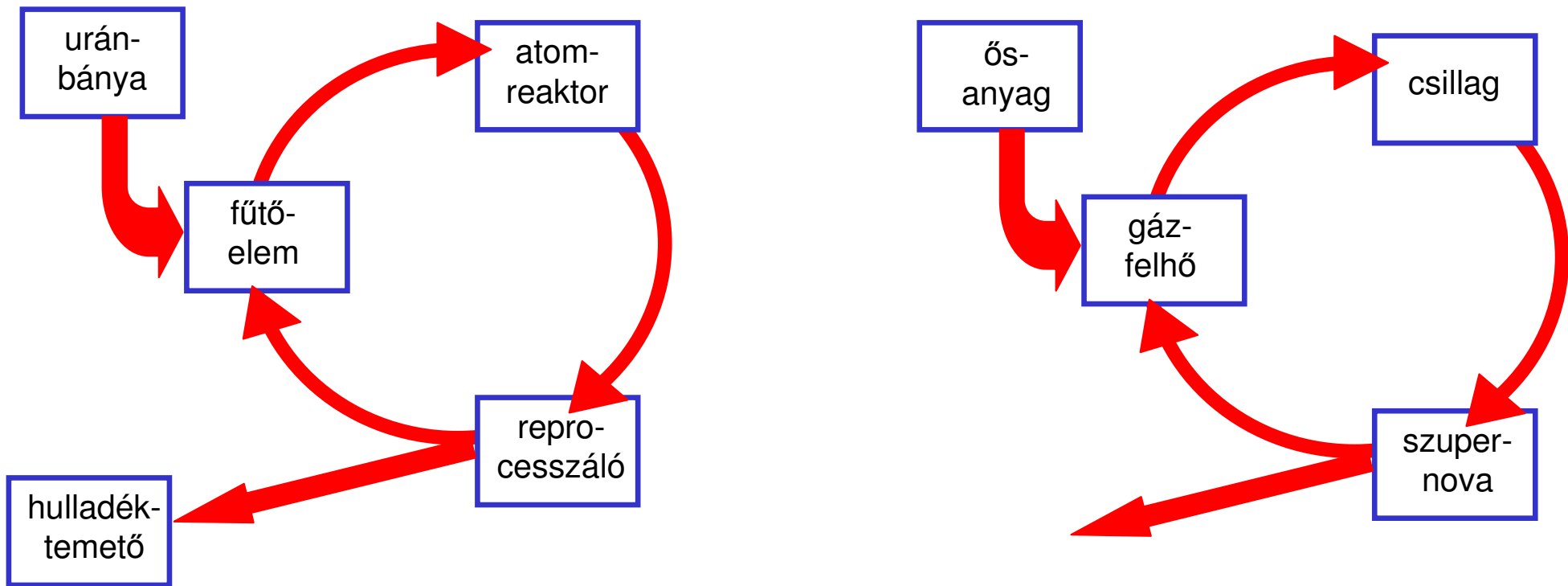
# **SZUPERNOVA** a legnagyobb környezetszennyezés:

a felrobbanó csillag szétszórja a nehéz atommagokat az űrbe

a hűlő anyag elektronokat vesz fel:

atomokat, molekulákat, kristályokat alkot (az első szilárd anyag)

**ebből lesz a nehezebb elemekkel szennyezett gáz- és porfelhő:  
a későbbi csillagok (köztük a Nap) alapanyaga**



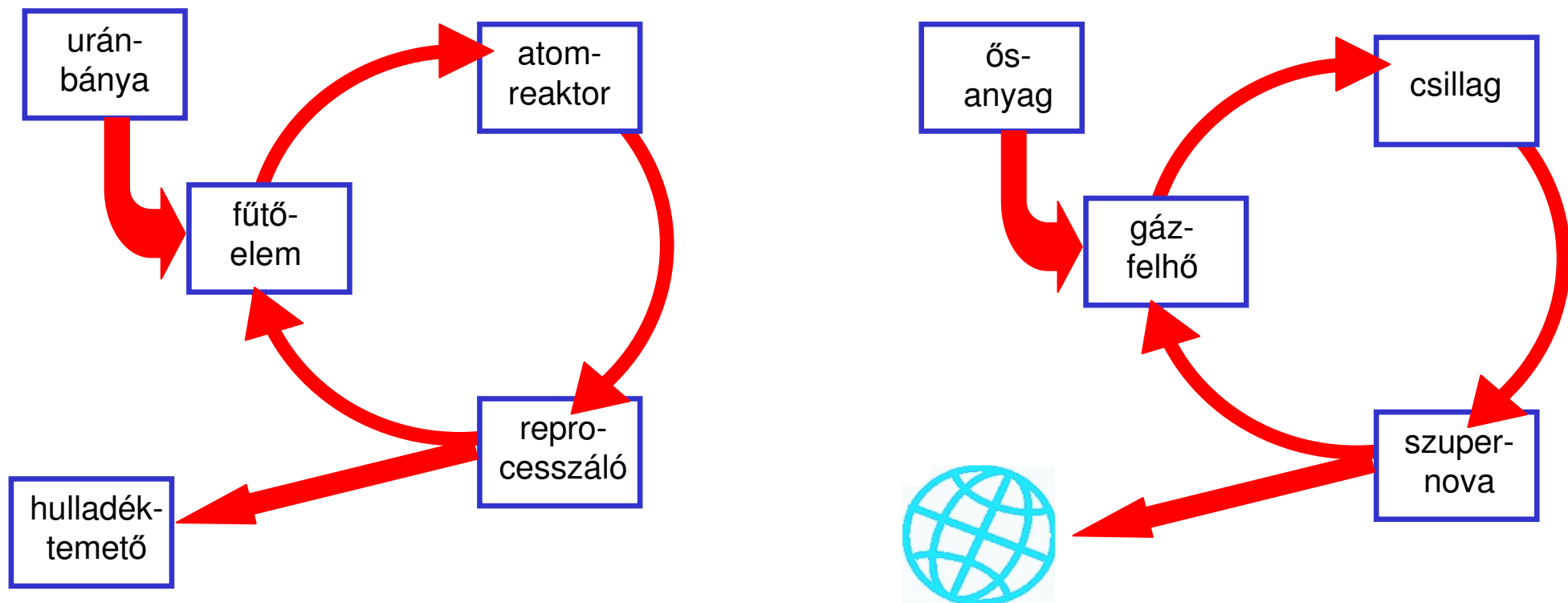
# **SZUPERNOVA** a legnagyobb környezetszennyezés:

a felrobbanó csillag szétszórja a nehéz atommagokat az űrbe

a hűlő anyag elektronokat vesz fel:

atomokat, molekulákat, kristályokat alkot (az első szilárd anyag)

**ebből lesz a nehezebb elemekkel szennyezett gáz- és porfelhő:  
a későbbi csillagok (köztük a Nap) alapanyaga**



# és honnan származik a legősibb csillagok hidrogénje?



# és honnan származik a legősibb csillagok hidrogénje?

(no meg a hélium?)



# és honnan származik a legősibb csillagok hidrogénje?

(no meg a hélium?)

1960-as évek: a hidrogénnel kezdődött a sztori



# és honnan származik a legősibb csillagok hidrogénje?

(no meg a hélium?)

1960-as évek: a hidrogénnel kezdődött a sztori

ma már tudjuk: kezdetben volt a



## és honnan származik a legősibb csillagok hidrogénje?

(no meg a hélium?)

1960-as évek: a hidrogénnel kezdődött a sztori

ma már tudjuk: kezdetben volt a **Nagy Bumm**

# és honnan származik a legősibb csillagok hidrogénje?

(no meg a hélium?)

1960-as évek: a hidrogénnel kezdődött a sztori

ma már tudjuk: kezdetben volt a **Nagy Bumm**

$137 * 10^8$  évvel ezelőtt





## és honnan származik a legősibb csillagok hidrogénje?

(no meg a hélium?)

1960-as évek: a hidrogénnel kezdődött a sztori

ma már tudjuk: kezdetben volt a **Nagy Bumm**

137 \* 10<sup>8</sup> évvel ezelőtt

végtelen sűrű, végtelen forró, pontszerű szingularitás



## és honnan származik a legősibb csillagok hidrogénje?

(no meg a hélium?)

1960-as évek: a hidrogénnel kezdődött a sztori

ma már tudjuk: kezdetben volt a **Nagy Bumm**

137 \* 10<sup>8</sup> évvel ezelőtt

végtelen sűrű, végtelen forró, pontszerű szingularitás

*„...s a világot szültem gyermekül” (Vörösmarty)*



## és honnan származik a legősibb csillagok hidrogénje?

(no meg a hélium?)

1960-as évek: a hidrogénnel kezdődött a sztori

ma már tudjuk: kezdetben volt a **Nagy Bumm**

137 \* 10<sup>8</sup> évvel ezelőtt

végtelen sűrű, végtelen forró, pontszerű szingularitás

*„...s a világot szültem gyermekül” (Vörösmarty)*

homogén, izotróp, mindenütt egyforma... (kozmológiai elv)

## és honnan származik a legősibb csillagok hidrogénje?

(no meg a hélium?)

1960-as évek: a hidrogénnel kezdődött a sztori

ma már tudjuk: kezdetben volt a **Nagy Bumm**

137 \* 10<sup>8</sup> évvel ezelőtt

végtelen sűrű, végtelen forró, pontszerű szingularitás

*„...s a világot szültem gyermekül” (Vörösmarty)*

homogén, izotróp, mindenütt egyforma... (kozmológiai elv)

kezdetben termodinamikai egyensúlyban levő  
részecskeplazma (maga a **HŐHALÁL!**)



## és honnan származik a legősibb csillagok hidrogénje?

(no meg a hélium?)

1960-as évek: a hidrogénnel kezdődött a sztori

ma már tudjuk: kezdetben volt a **Nagy Bumm**

137 \* 10<sup>8</sup> évvel ezelőtt

végtelen sűrű, végtelen forró, pontszerű szingularitás

*„...s a világot szültem gyermekül” (Vörösmarty)*

homogén, izotróp, mindenütt egyforma... (kozmológiai elv)

kezdetben termodinamikai egyensúlyban levő  
részecskeplazma (maga a **HŐHALÁL!**)

tágul és hűl

## és honnan származik a legősibb csillagok hidrogénje?

(no meg a hélium?)

1960-as évek: a hidrogénnel kezdődött a sztori

ma már tudjuk: kezdetben volt a **Nagy Bumm**

137 \* 10<sup>8</sup> évvel ezelőtt

végtelen sűrű, végtelen forró, pontszerű szingularitás

*„...s a világot szültem gyermekül” (Vörösmarty)*

homogén, izotróp, mindenütt egyforma... (kozmológiai elv)

kezdetben termodinamikai egyensúlyban levő  
részecskeplazma (maga a **HŐHALÁL!**)

tágul és hűl

**struktúrákat szül**

a struktúrák születése:

a struktúrák születése: **feltámadás a hőhalálból**





a struktúrák születése: **feltámadás a hőhalálból**

egyik fejezet: az atommagok születése (az első három perc...)



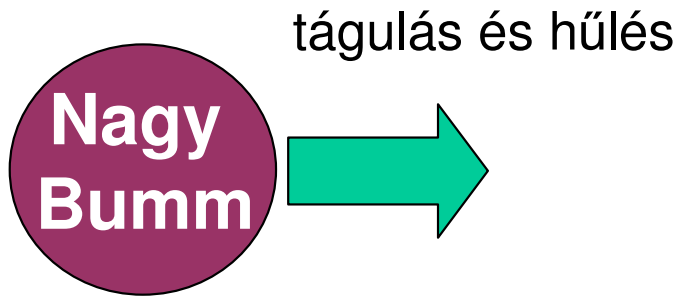
a struktúrák születése: **feltámadás a hőhalálból**

egyik fejezet: az atommagok születése (az első három perc...)



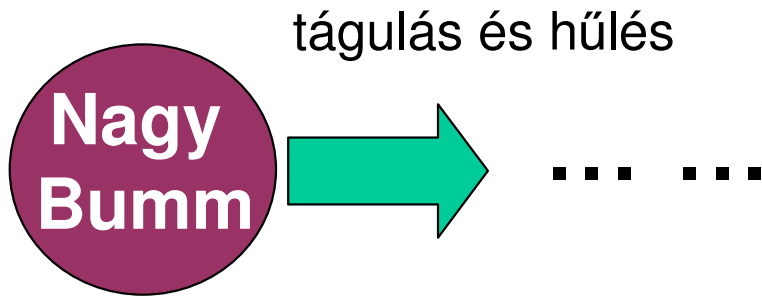
a struktúrák születése: **feltámadás a hőhalálból**

egyik fejezet: az atommagok születése (az első három perc...)



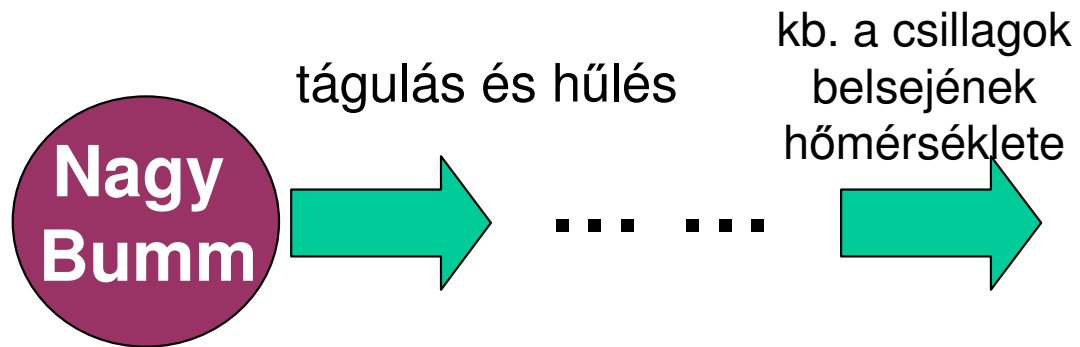
a struktúrák születése: **feltámadás a hőhalálból**

egyik fejezet: az atommagok születése (az első három perc...)



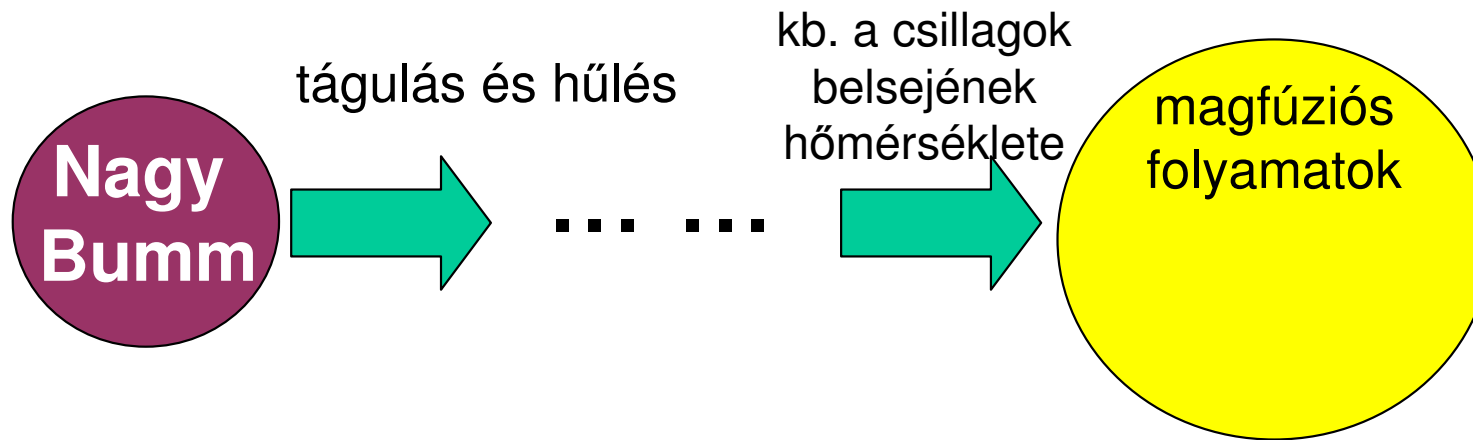
# a struktúrák születése: **feltámadás a hőhalálból**

egyik fejezet: az atommagok születése (az első három perc...)



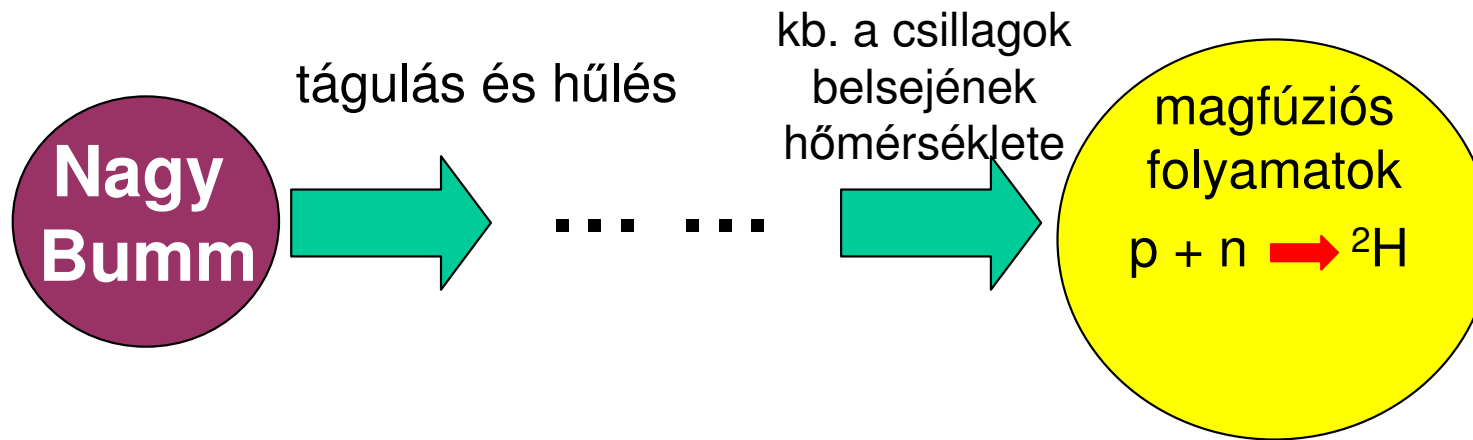
# a struktúrák születése: **feltámadás a hőhalálból**

egyik fejezet: az atommagok születése (az első három perc...)



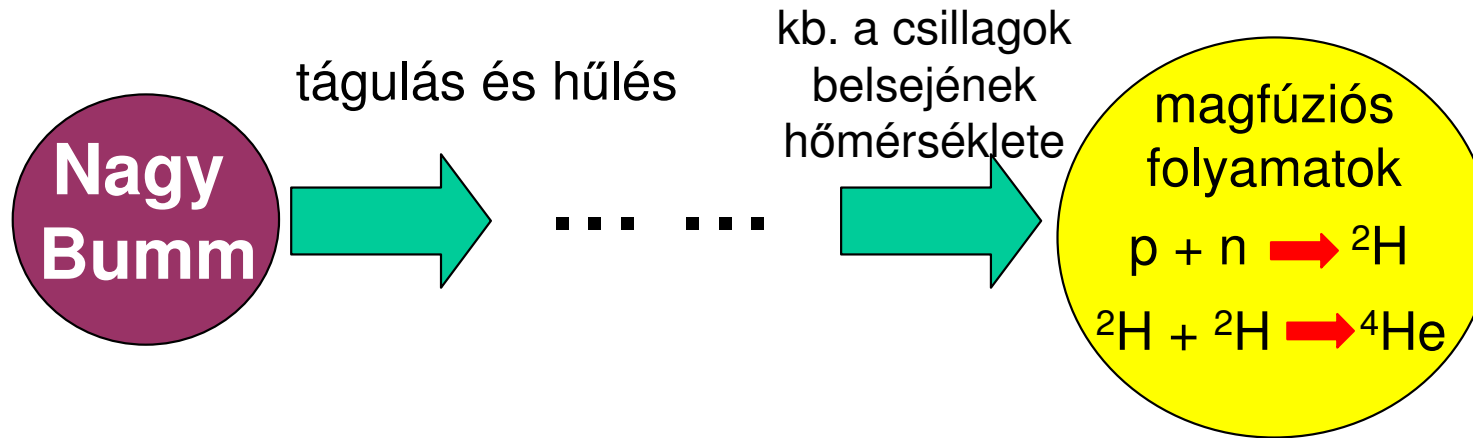
# a struktúrák születése: **feltámadás a hőhalálból**

egyik fejezet: az atommagok születése (az első három perc...)



# a struktúrák születése: **feltámadás a hőhalálból**

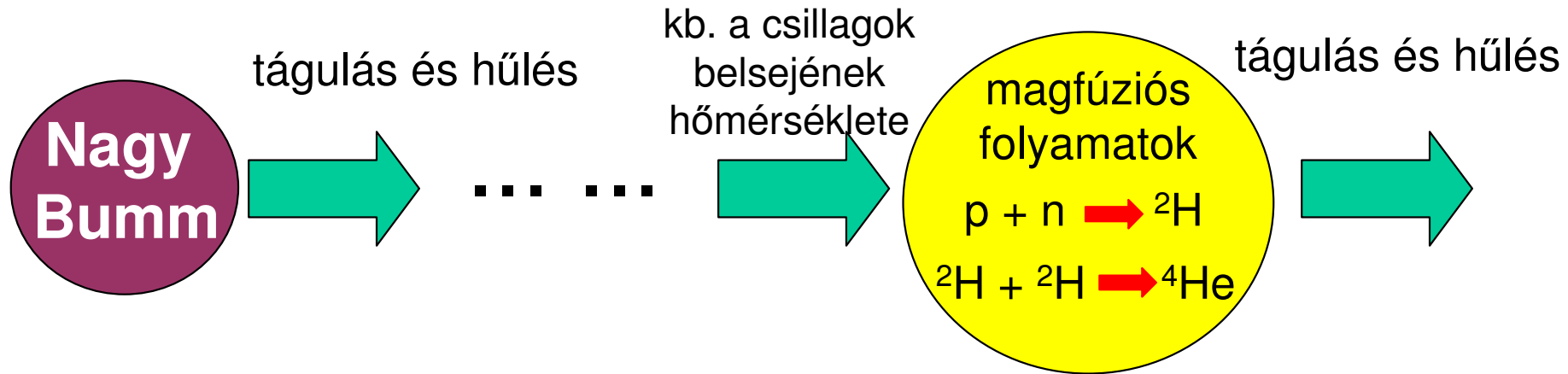
egyik fejezet: az atommagok születése (az első három perc...)





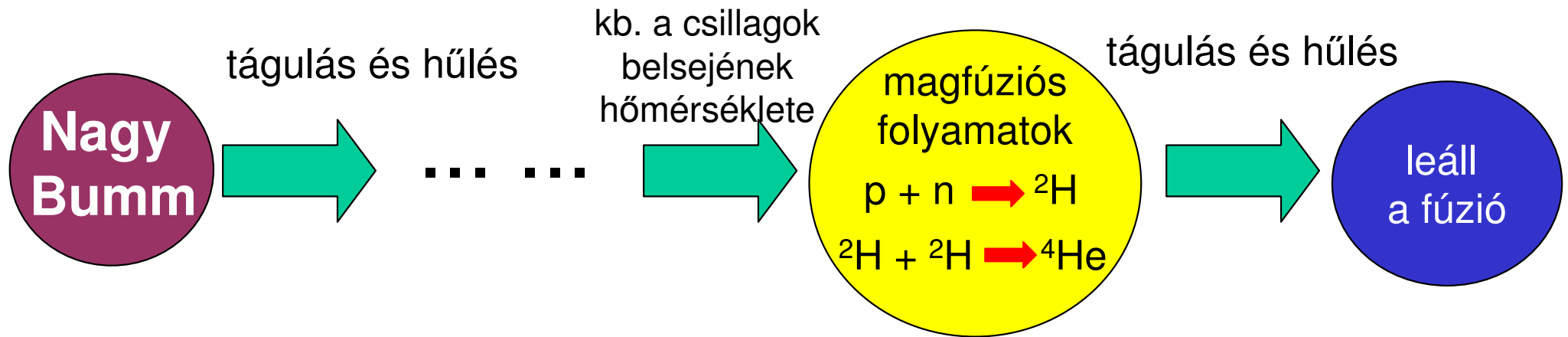
# a struktúrák születése: **feltámadás a hőhalálból**

egyik fejezet: az atommagok születése (az első három perc...)



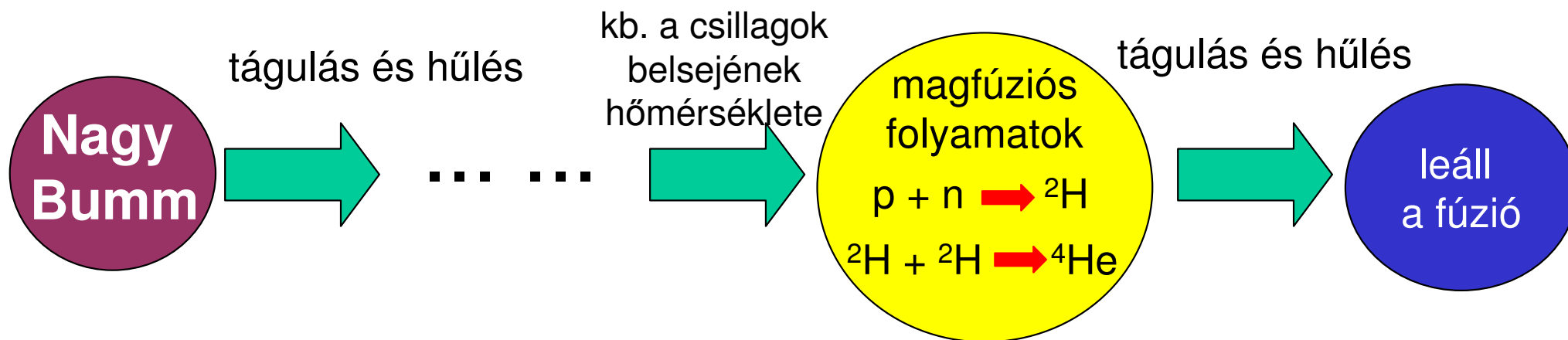
# a struktúrák születése: **feltámadás a hőhalálból**

egyik fejezet: az atommagok születése (az első három perc...)



# a struktúrák születése: **feltámadás a hőhalálból**

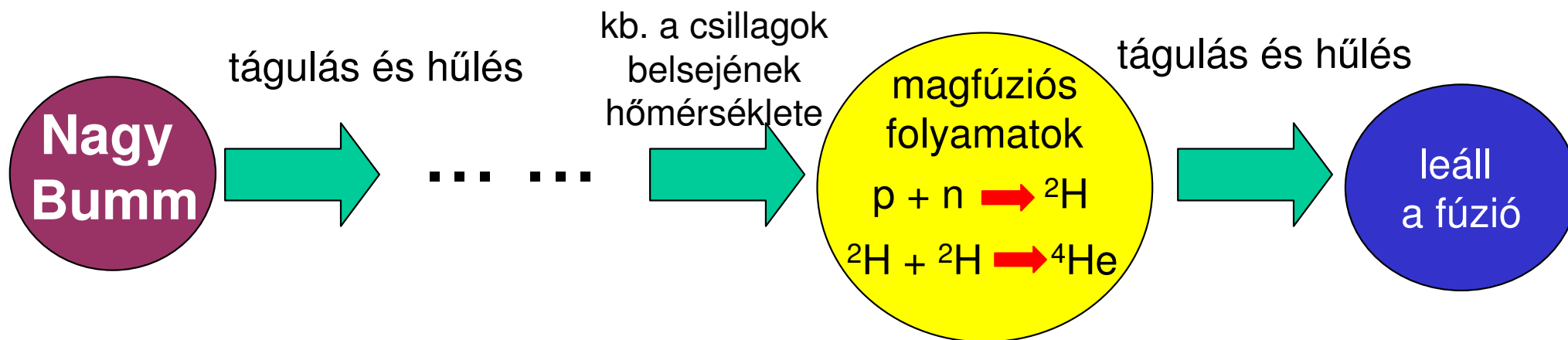
egyik fejezet: az atommagok születése (az első három perc...)



verseny a hűlés és a fúzió között: csak a könnyű atommagokig jut el a folyamat:

# a struktúrák születése: **feltámadás a hőhalálból**

egyik fejezet: az atommagok születése (az első három perc...)

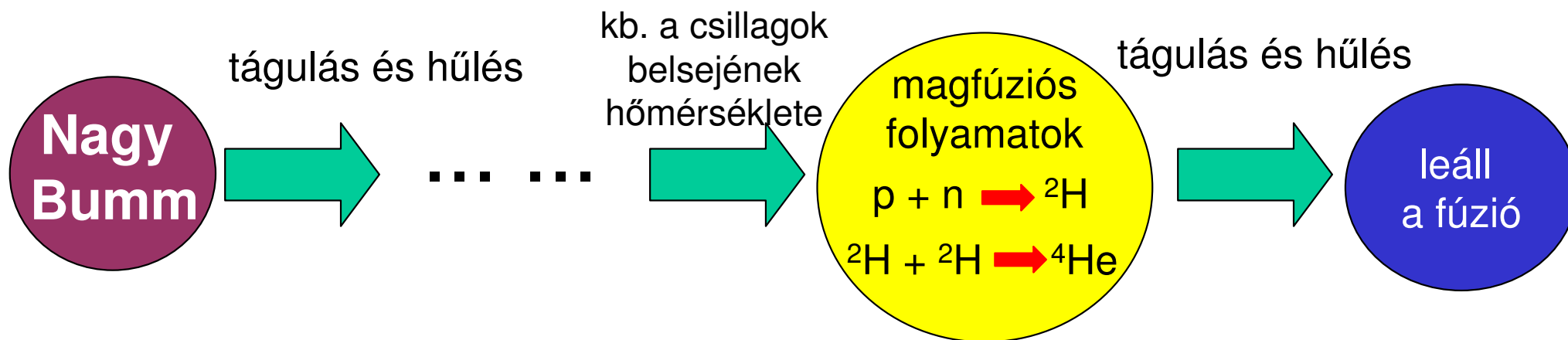


verseny a hűlés és a fúzió között: csak a könnyű atommagokig jut el a folyamat:

**kb. 75 % H + 25 % He**

# a struktúrák születése: **feltámadás a hőhalálból**

egyik fejezet: az atommagok születése (az első három perc...)



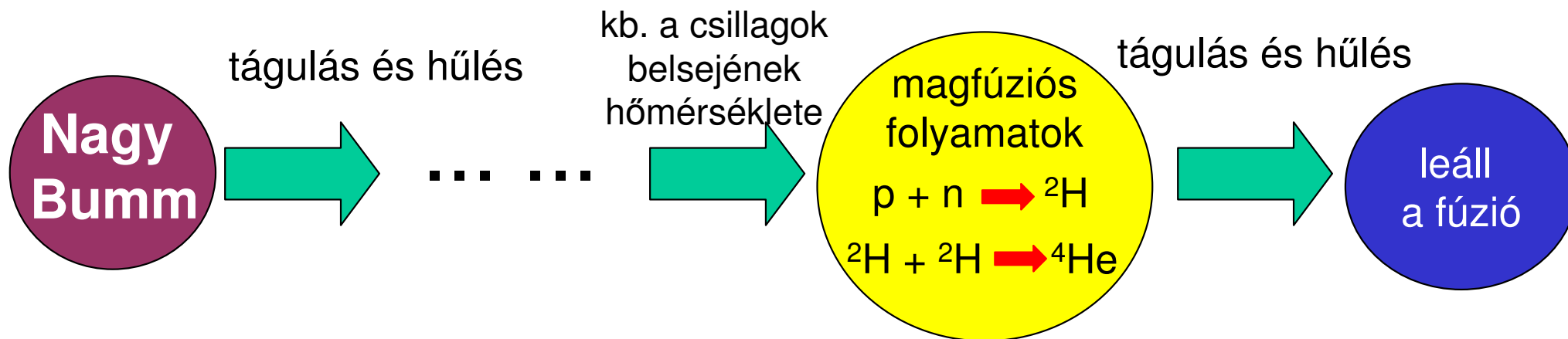
verseny a hűlés és a fúzió között: csak a könnyű atommagokig jut el a folyamat:

**kb. 75 % H + 25 % He**

ez a csillagok alapanyaga

# a struktúrák születése: **feltámadás a hőhalálból**

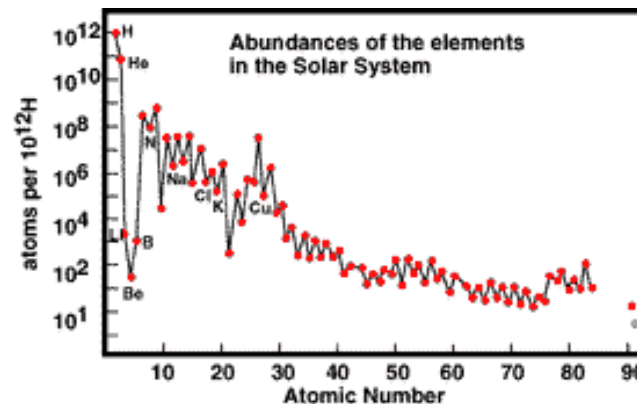
egyik fejezet: az atommagok születése (az első három perc...)



verseny a hűlés és a fúzió között: csak a könnyű atommagokig jut el a folyamat:

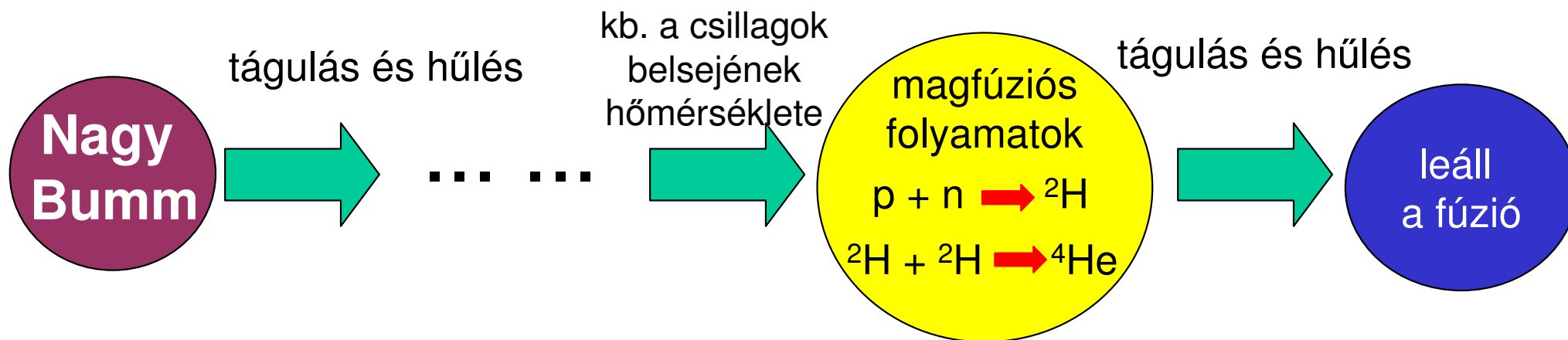
**kb. 75 % H + 25 % He**

ez a csillagok alapanyaga



# a struktúrák születése: **feltámadás a hőhalálból**

egyik fejezet: az atommagok születése (az első három perc...)

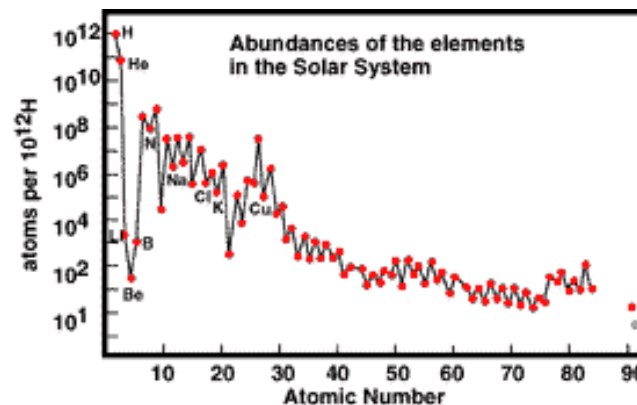


verseny a hűlés és a fúzió között: csak a könnyű atommagokig jut el a folyamat:

**kb. 75 % H + 25 % He**

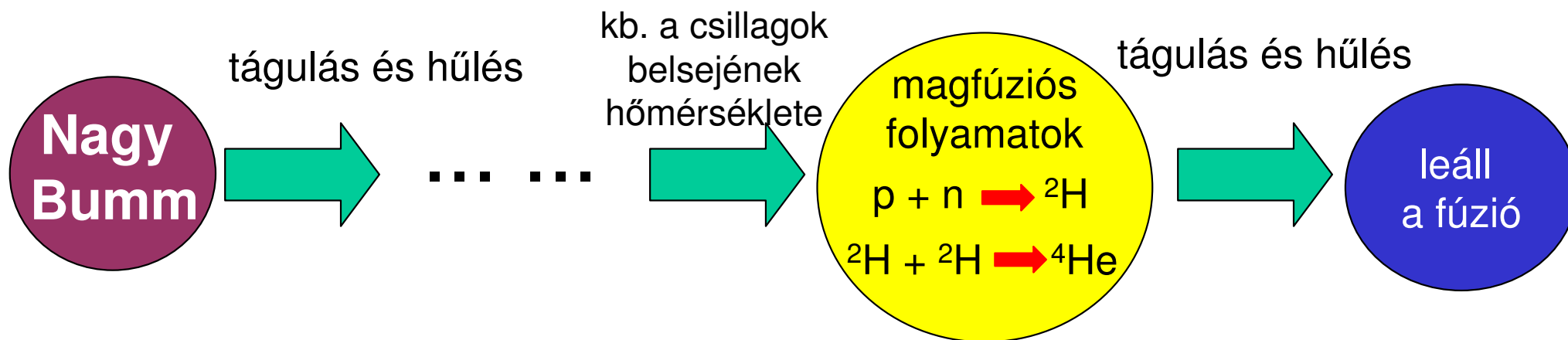
ez a csillagok alapanyaga

a későbbi generációs csillagokban (pl a Nap) van kb. 1 % nehezebb atommag („fém”) is – ezeket a szupernovák termelték



# a struktúrák születése: **feltámadás a hőhalálból**

egyik fejezet: az atommagok születése (az első három perc...)

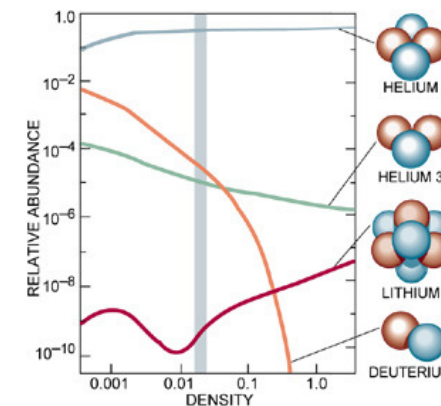
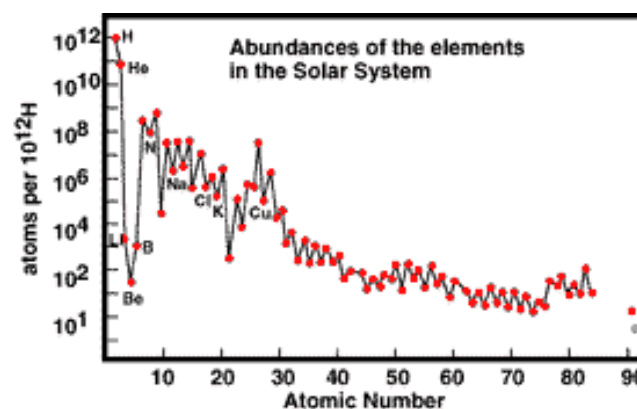


verseny a hűlés és a fúzió között: csak a könnyű atommagokig jut el a folyamat:

**kb. 75 % H + 25 % He**

ez a csillagok alapanyaga

a későbbi generációs csillagokban (pl a Nap) van kb. 1 % nehezebb atommag („fém”) is – ezeket a szupernovák termelték





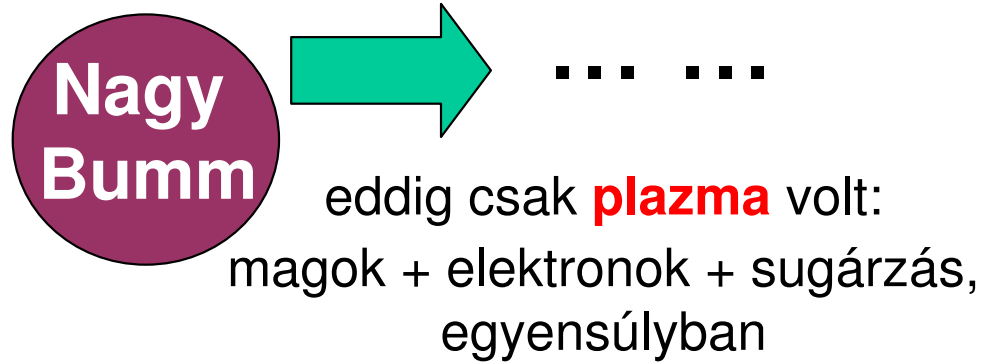
egy későbbi fejezet: az atomok születése (300-500 000 év)



egy későbbi fejezet: az atomok születése (300-500 000 év)

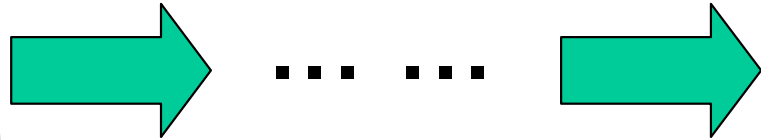


# egy későbbi fejezet: az atomok születése (300-500 000 év)



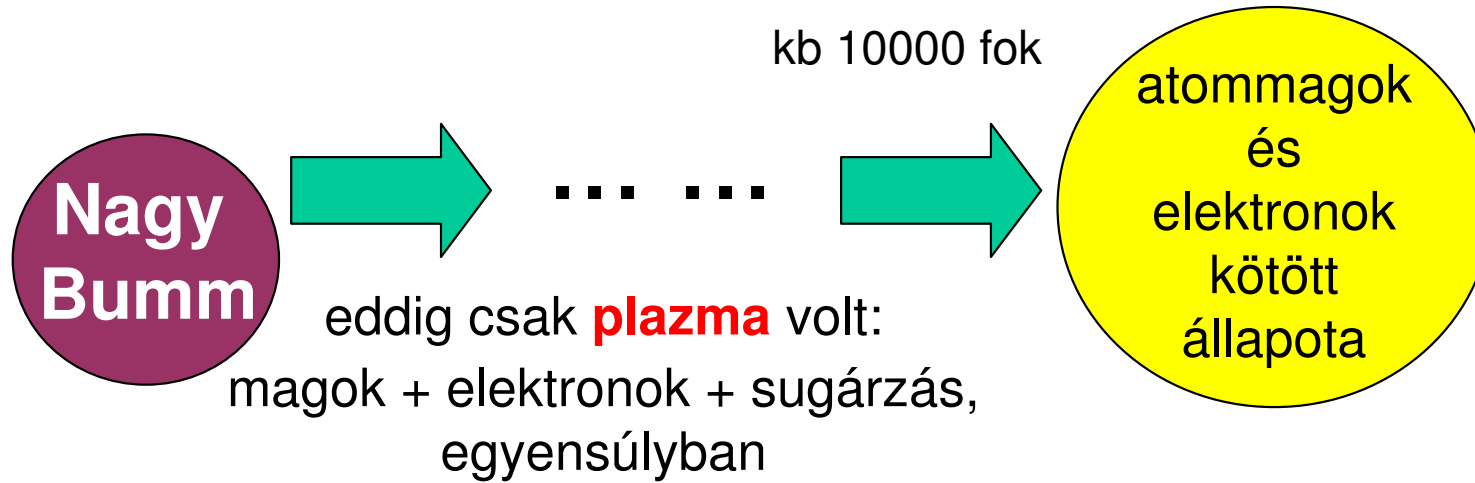
# egy későbbi fejezet: az atomok születése (300-500 000 év)

kb 10000 fok

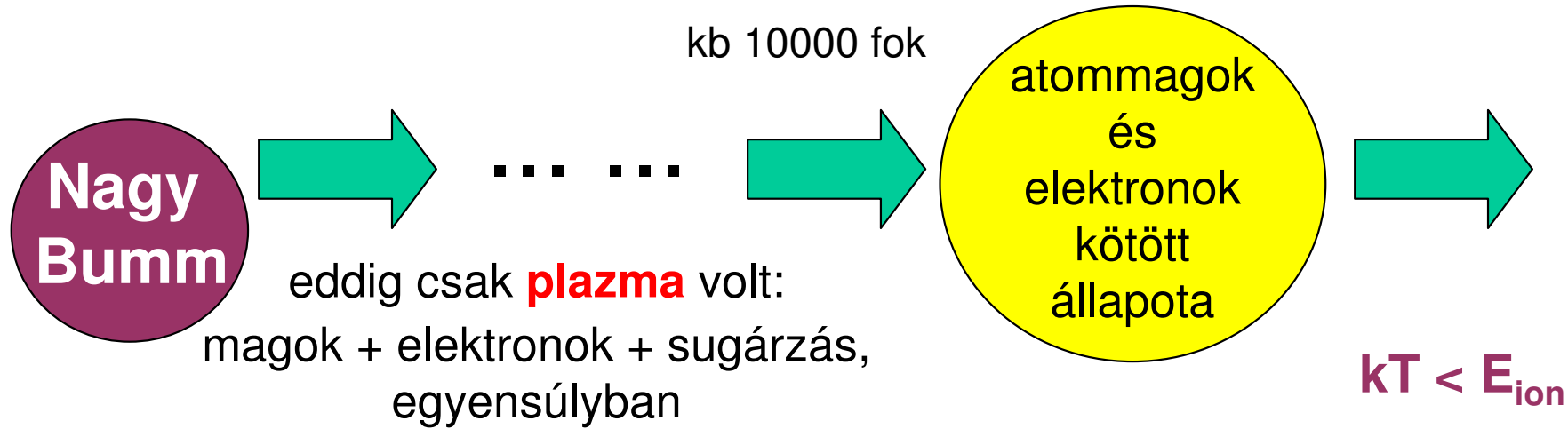


eddig csak **plazma** volt:  
magok + elektronok + sugárzás,  
egyensúlyban

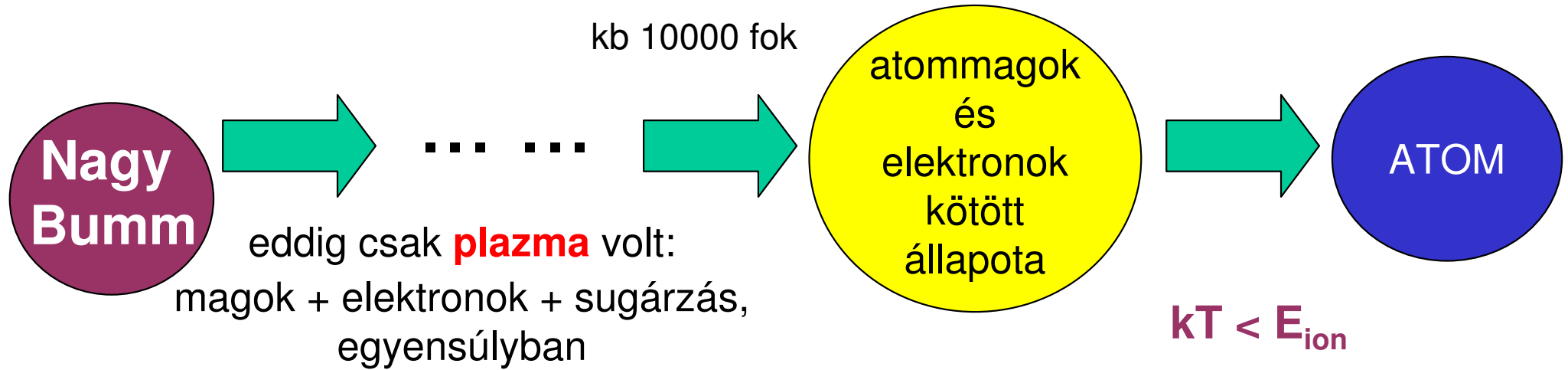
# egy későbbi fejezet: az atomok születése (300-500 000 év)



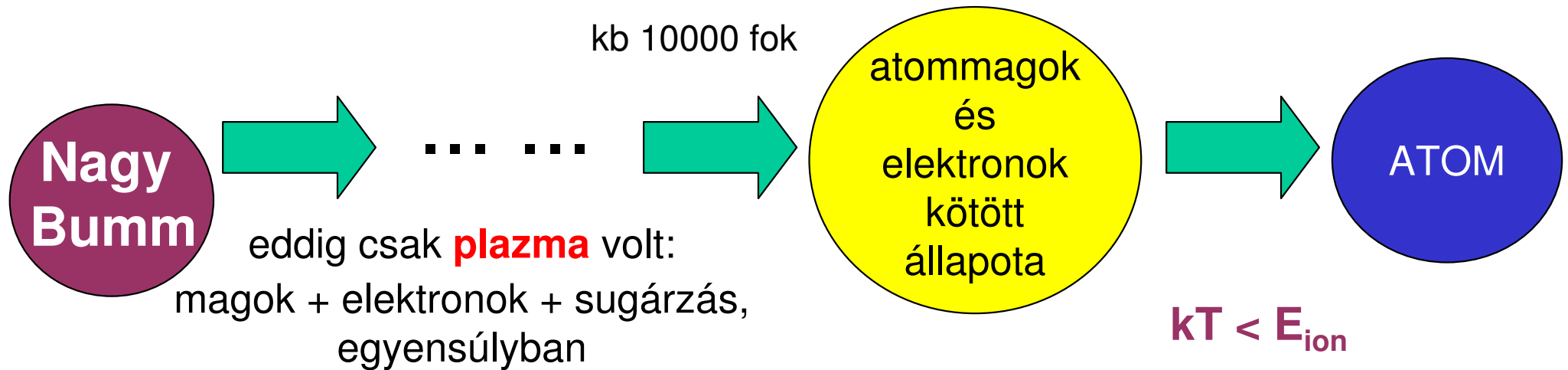
# egy későbbi fejezet: az atomok születése (300-500 000 év)



# egy későbbi fejezet: az atomok születése (300-500 000 év)



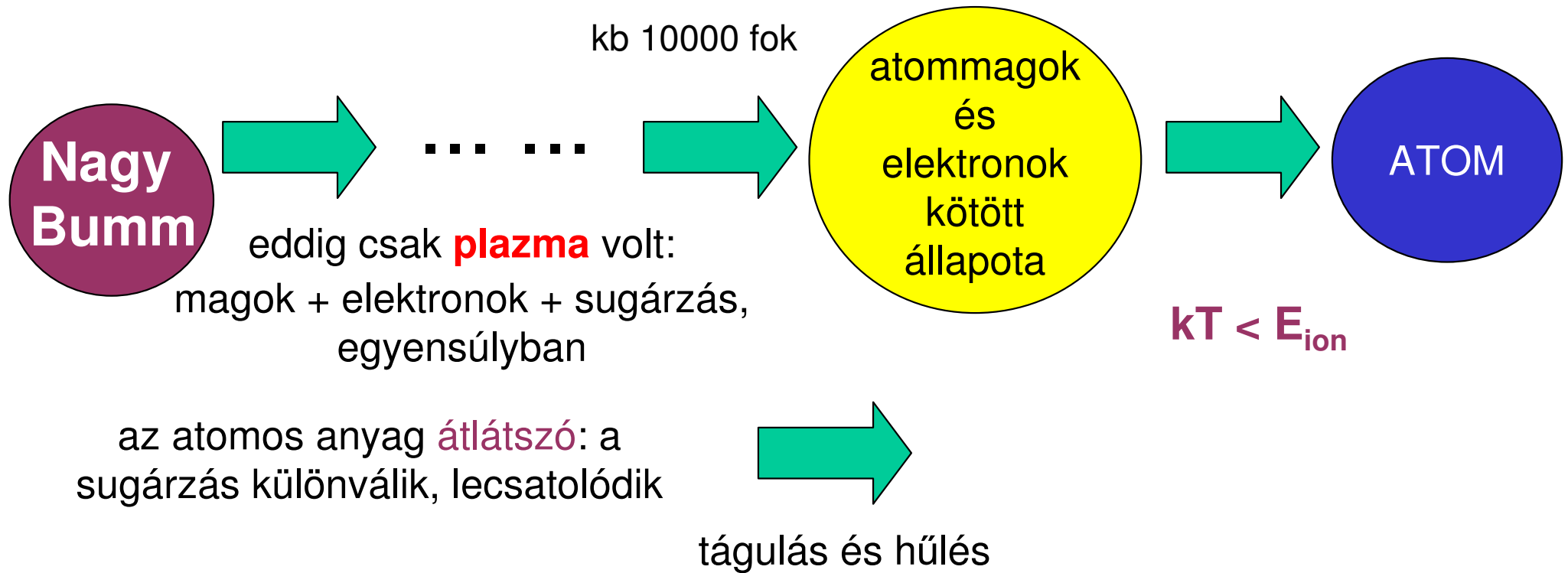
# egy későbbi fejezet: az atomok születése (300-500 000 év)



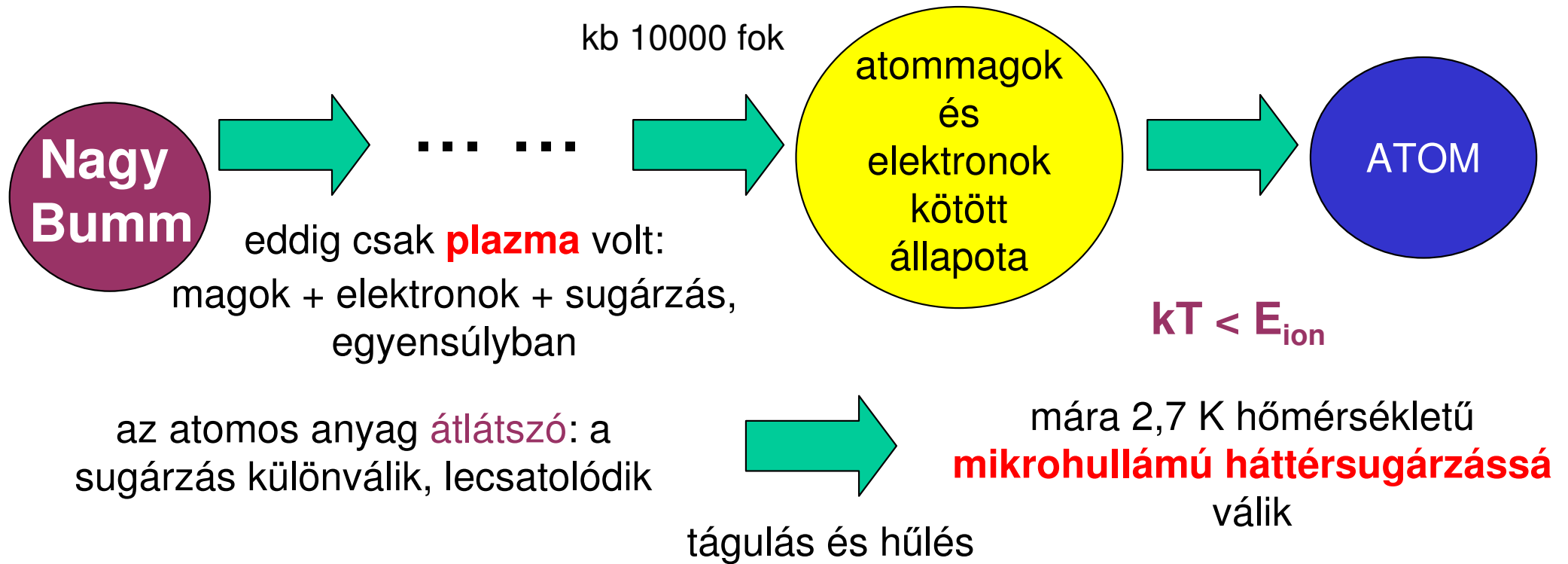
az atomos anyag **átlátszó**: a  
sugárzás különválik, lecsatolódik



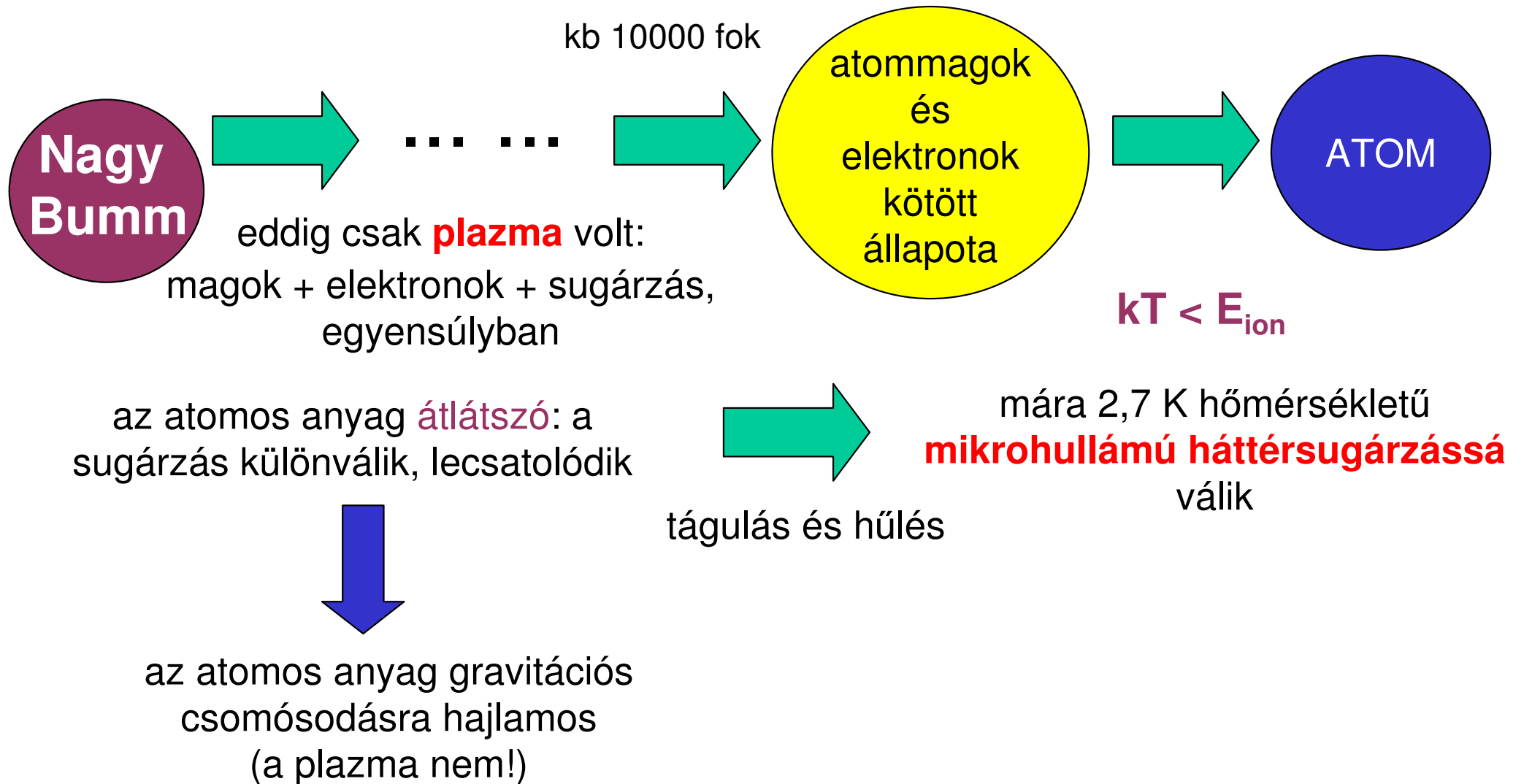
# egy későbbi fejezet: az atomok születése (300-500 000 év)



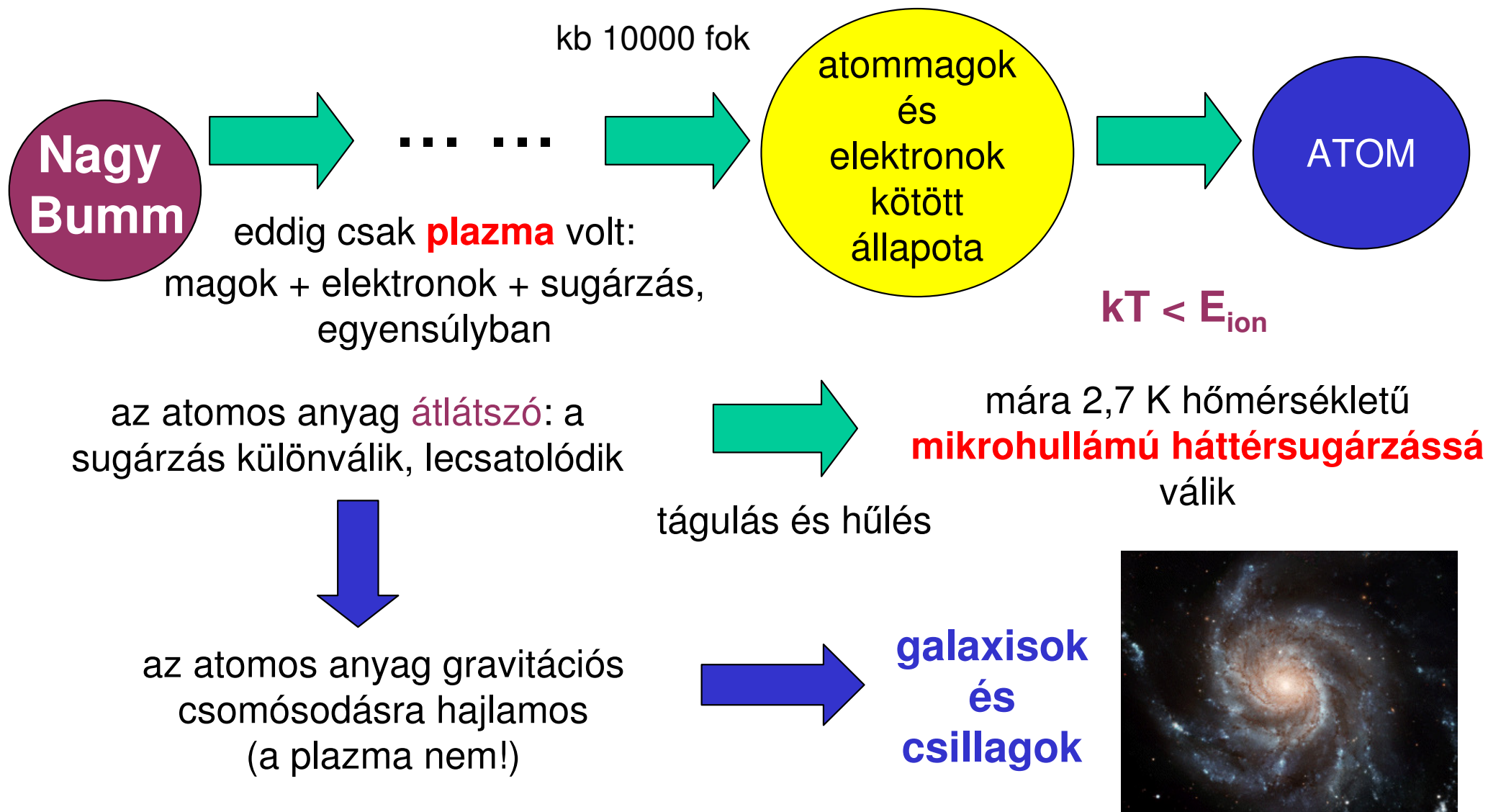
# egy későbbi fejezet: az atomok születése (300-500 000 év)



# egy későbbi fejezet: az atomok születése (300-500 000 év)



# egy későbbi fejezet: az atomok születése (300-500 000 év)



Ennyi az **atomos anyag** története.



Ennyi az **atomos anyag** története.  
Ennek jelentős része a csillagokban van,  
ezért **világító anyagnak** is hívják.



Ennyi az **atomos anyag** története.  
Ennek jelentős része a csillagokban van,  
ezért **világító anyagnak** is hívják.

**Van-e más is a világban?**



Ennyi az **atomos anyag** története.  
Ennek jelentős része a csillagokban van,  
ezért **világító anyagnak** is hívják.

**Van-e más is a világban?**

**Igen: a sötét anyag**

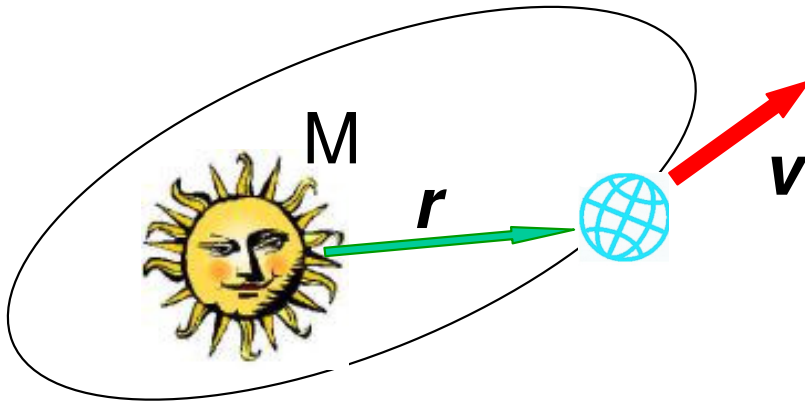




Ennyi az **atomos anyag** története.  
Ennek jelentős része a csillagokban van,  
ezért **világító anyagnak** is hívják.

**Van-e más is a világban?**

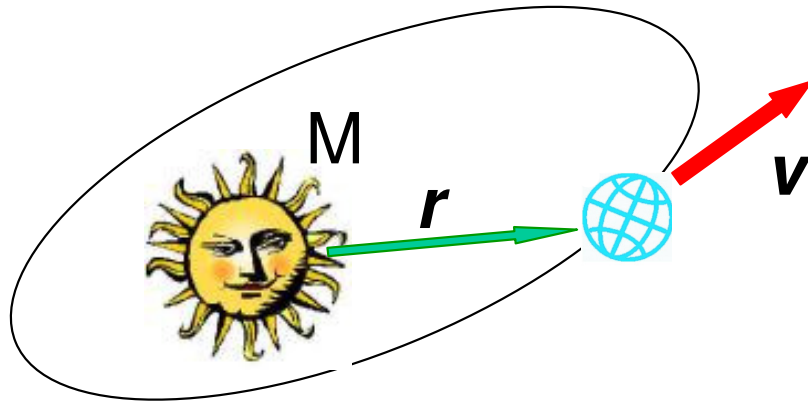
**Igen: a sötét anyag**



Ennyi az **atomos anyag** története.  
Ennek jelentős része a csillagokban van,  
ezért **világító anyagnak** is hívják.

**Van-e más is a világban?**

**Igen: a sötét anyag**

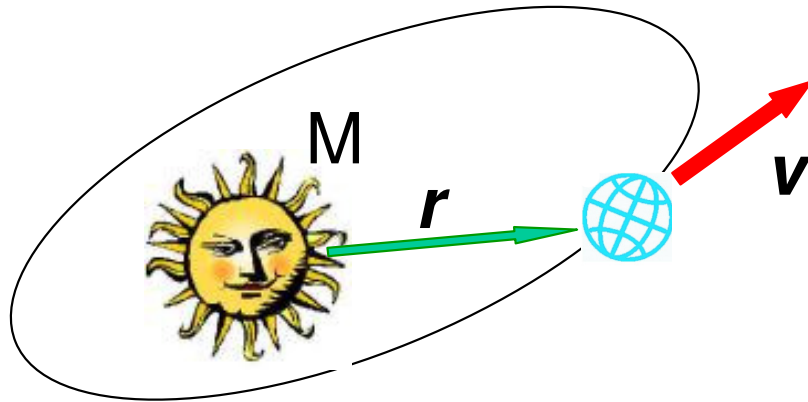


Kepler III. törvénye:

Ennyi az **atomos anyag** története.  
Ennek jelentős része a csillagokban van,  
ezért **világító anyagnak** is hívják.

**Van-e más is a világban?**

**Igen: a sötét anyag**

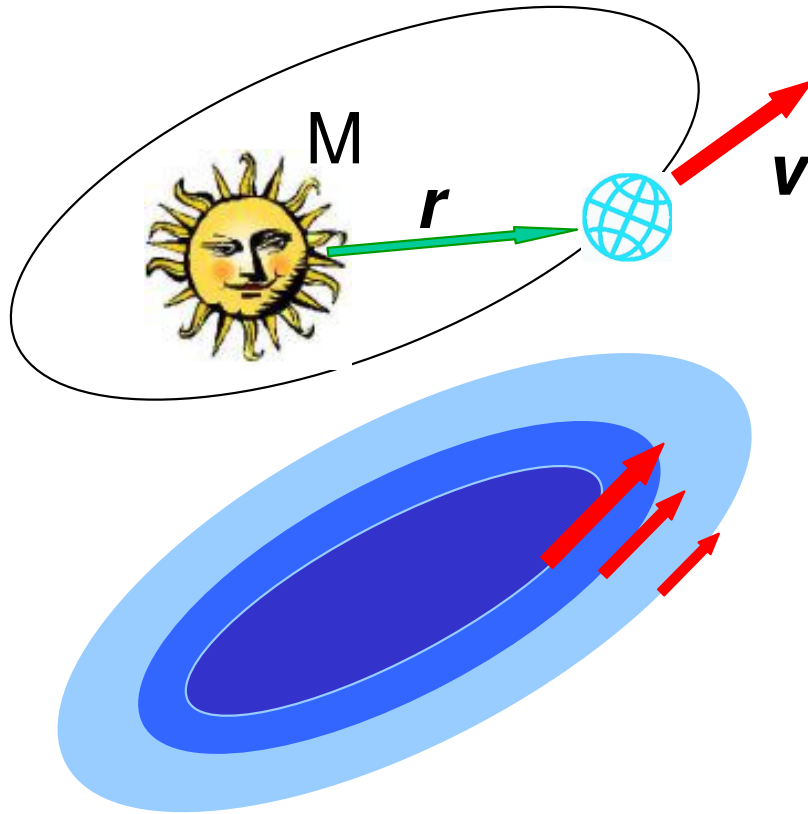


Kepler III. törvénye:  $v(r, M)$

Ennyi az **atomos anyag** története.  
Ennek jelentős része a csillagokban van,  
ezért **világító anyagnak** is hívják.

**Van-e más is a világban?**

**Igen: a sötét anyag**

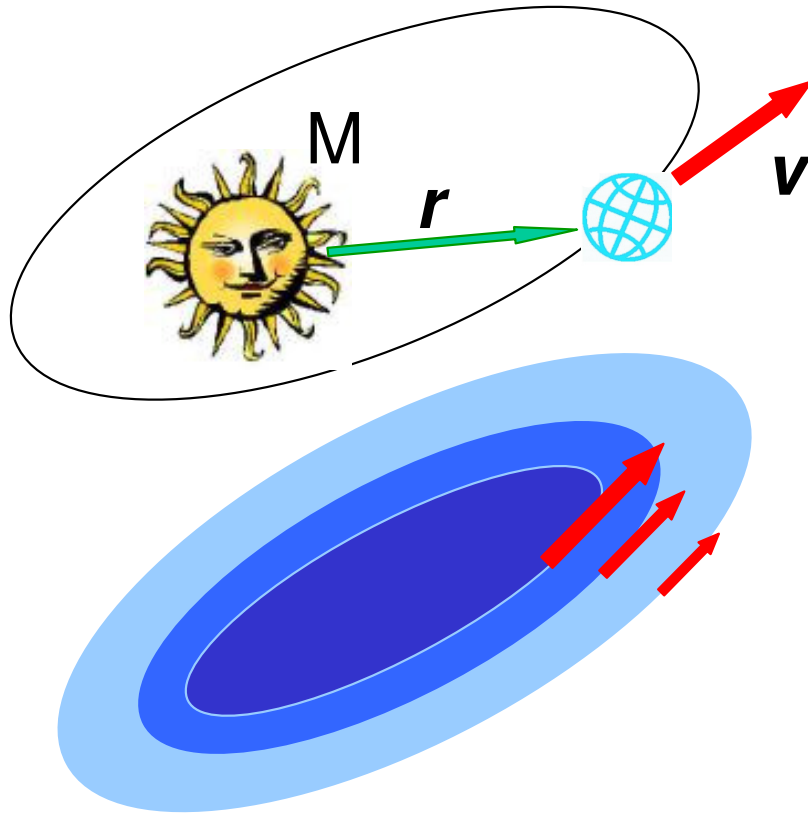


Kepler III. törvénye:  $v(r, M)$

Ennyi az **atomos anyag** története.  
Ennek jelentős része a csillagokban van,  
ezért **világító anyagnak** is hívják.

**Van-e más is a világban?**

**Igen: a sötét anyag**



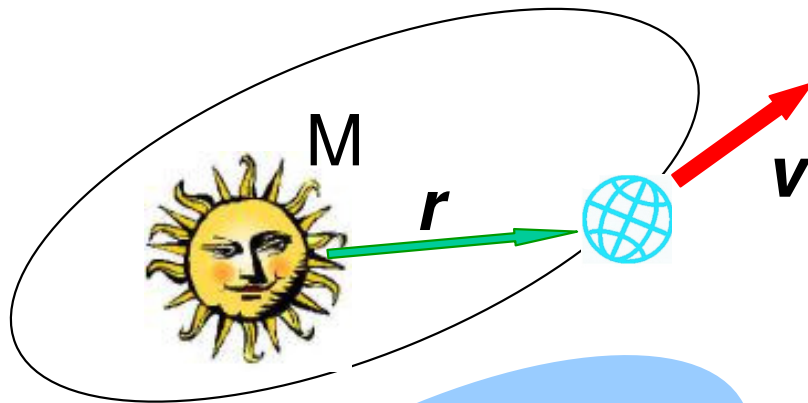
Kepler III. törvénye:  $v(r, M)$

galaxis: folytonos  
 $M(r)$  tömegeloszlás

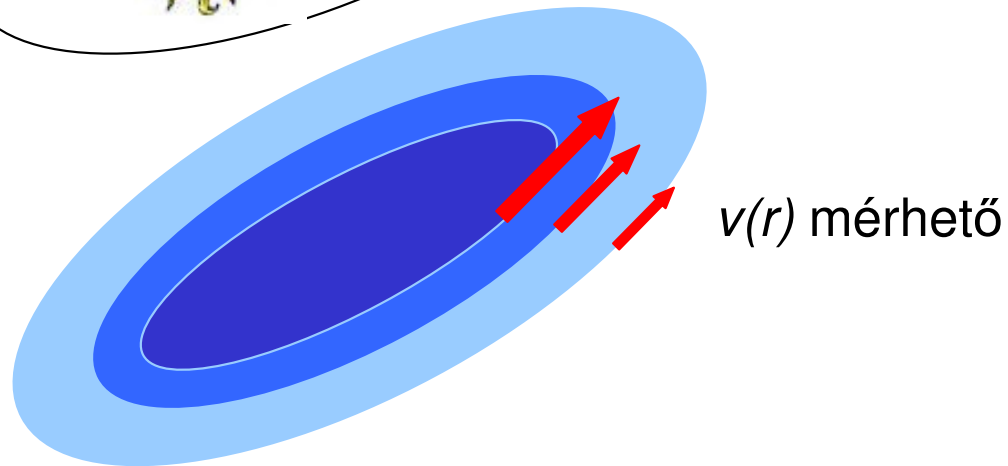
Ennyi az **atomos anyag** története.  
Ennek jelentős része a csillagokban van,  
ezért **világító anyagnak** is hívják.

**Van-e más is a világban?**

**Igen: a sötét anyag**



Kepler III. törvénye:  $v(r, M)$

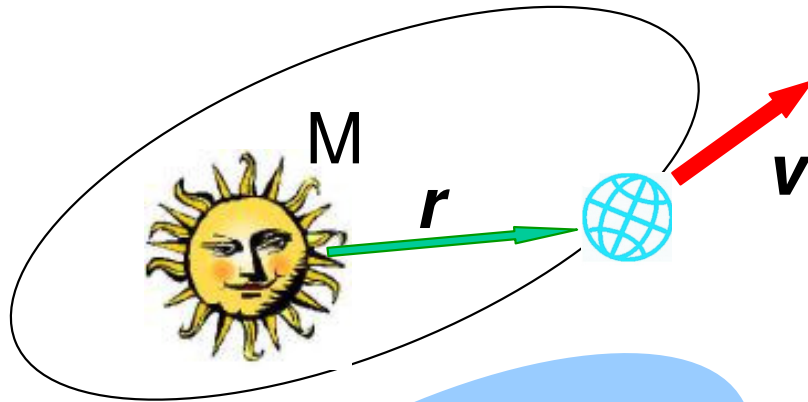


galaxis: folytonos  
 $M(r)$  tömegeloszlás

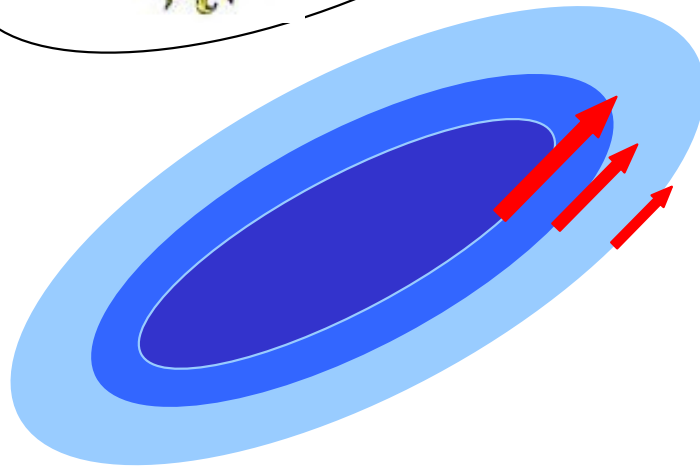
Ennyi az **atomos anyag** története.  
Ennek jelentős része a csillagokban van,  
ezért **világító anyagnak** is hívják.

**Van-e más is a világban?**

**Igen: a sötét anyag**



Kepler III. törvénye:  $v(r, M)$



$v(r)$  mérhető



galaxis: folytonos  
 $M(r)$  tömegeloszlás

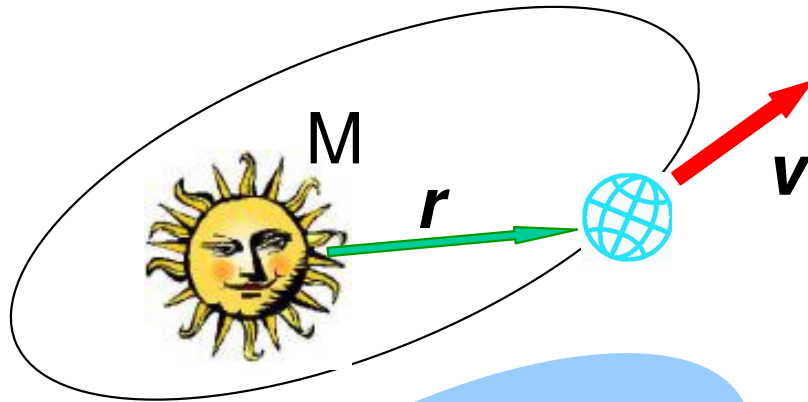
$M(r)$  számítható



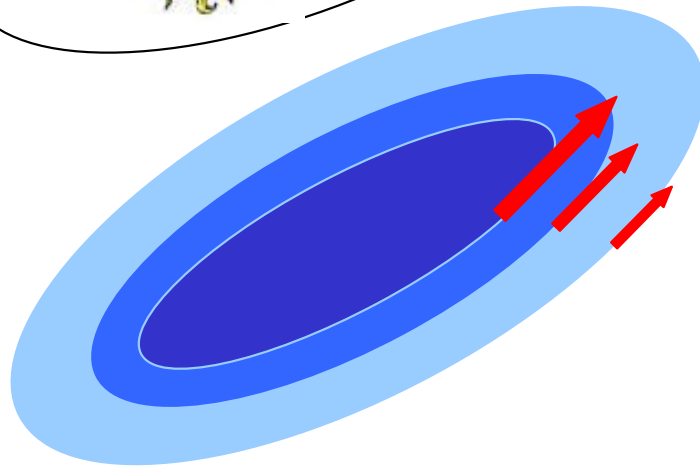
Ennyi az **atomos anyag** története.  
Ennek jelentős része a csillagokban van,  
ezért **világító anyagnak** is hívják.

**Van-e más is a világban?**

**Igen: a sötét anyag**



Kepler III. törvénye:  $v(r, M)$

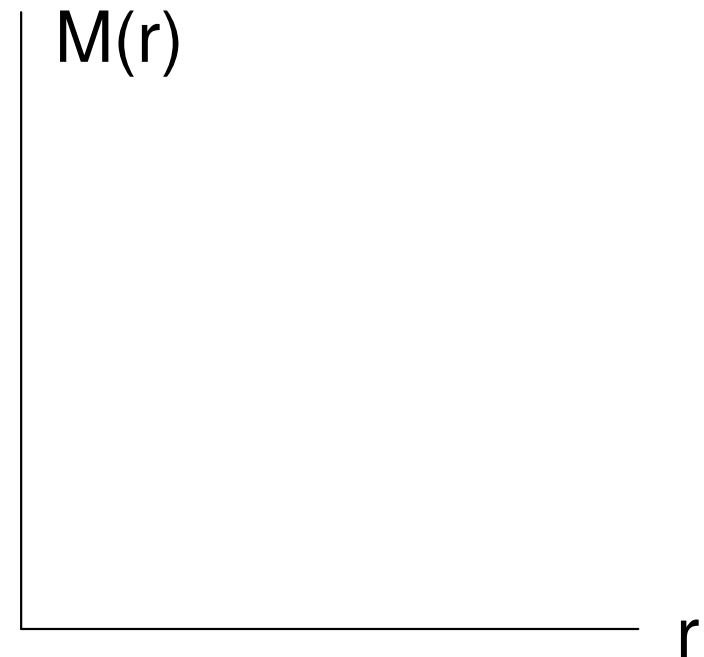


$v(r)$  mérhető



$M(r)$  számítható

galaxis: folytonos  
 $M(r)$  tömegeloszlás

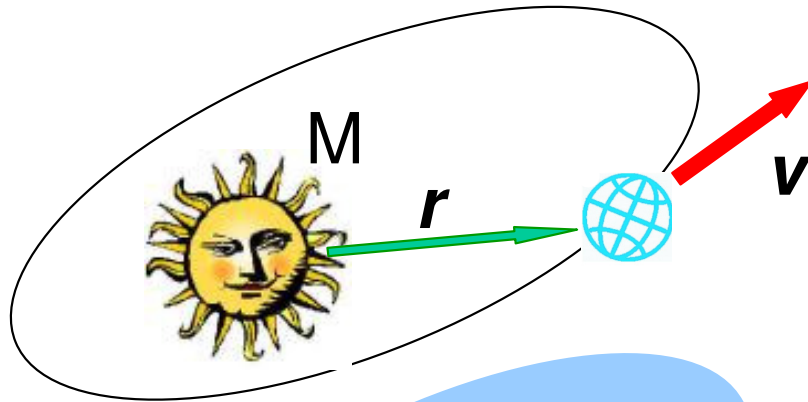




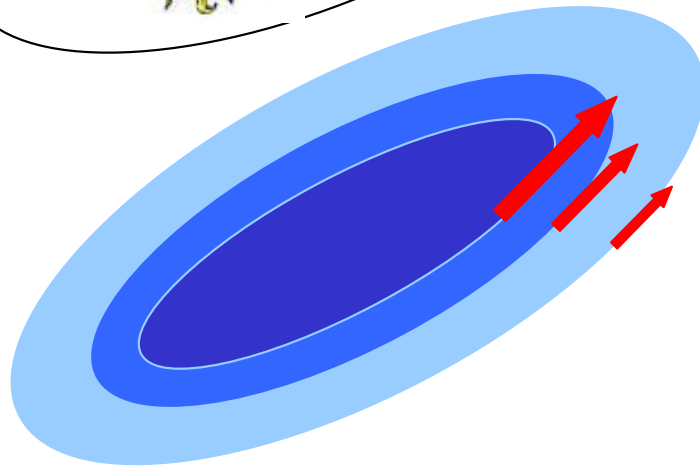
Ennyi az **atomos anyag** története.  
Ennek jelentős része a csillagokban van,  
ezért **világító anyagnak** is hívják.

**Van-e más is a világban?**

**Igen: a sötét anyag**



Kepler III. törvénye:  $v(r, M)$

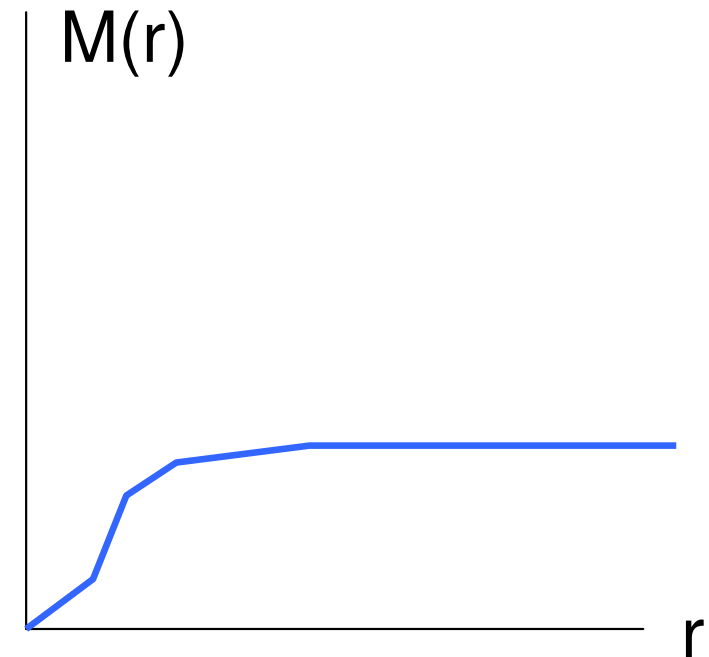


$v(r)$  mérhető



$M(r)$  számítható

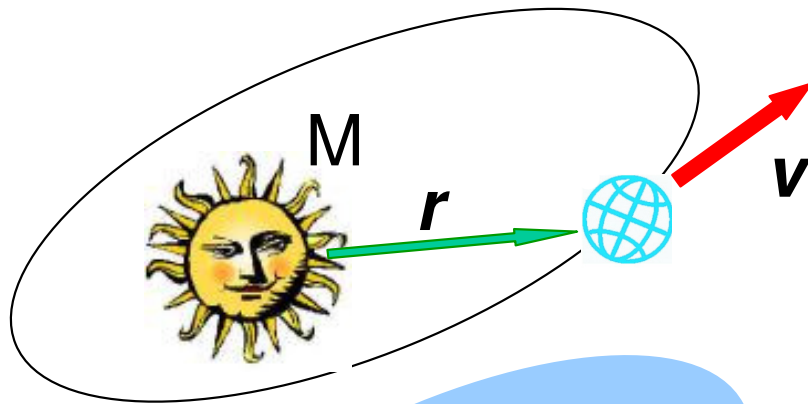
galaxis: folytonos  
 $M(r)$  tömegeloszlás



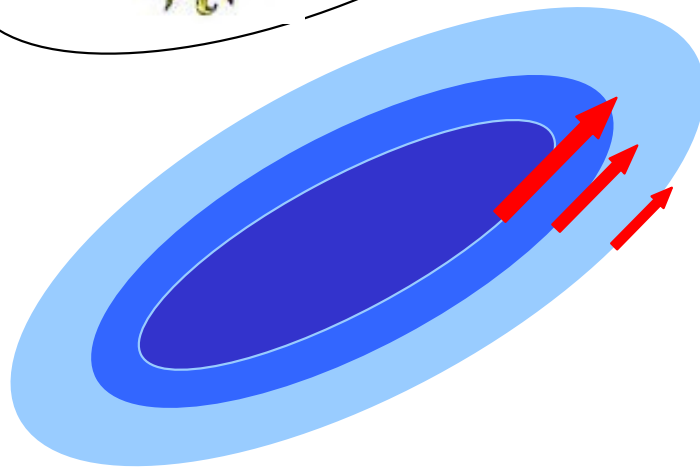
Ennyi az **atomos anyag** története.  
Ennek jelentős része a csillagokban van,  
ezért **világító anyagnak** is hívják.

**Van-e más is a világban?**

**Igen: a sötét anyag**



Kepler III. törvénye:  $v(r, M)$

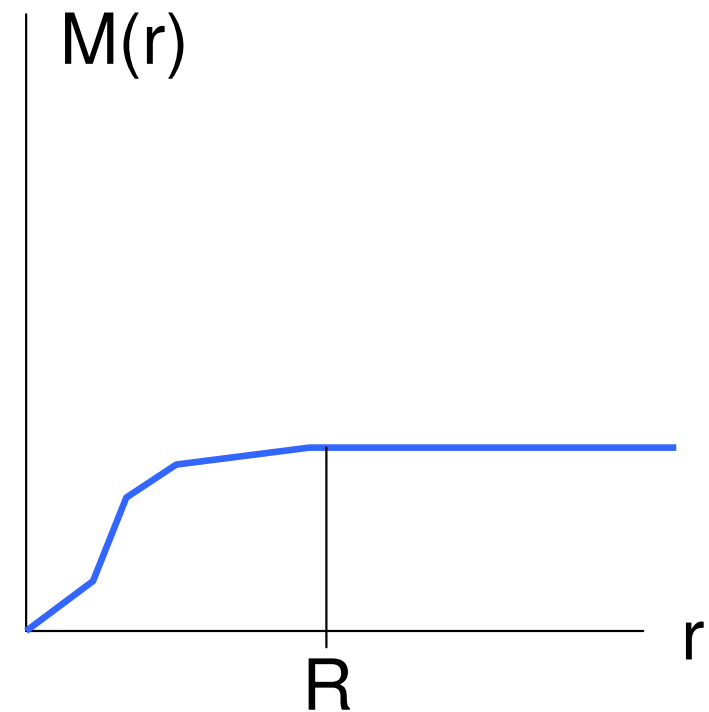


$v(r)$  mérhető



$M(r)$  számítható

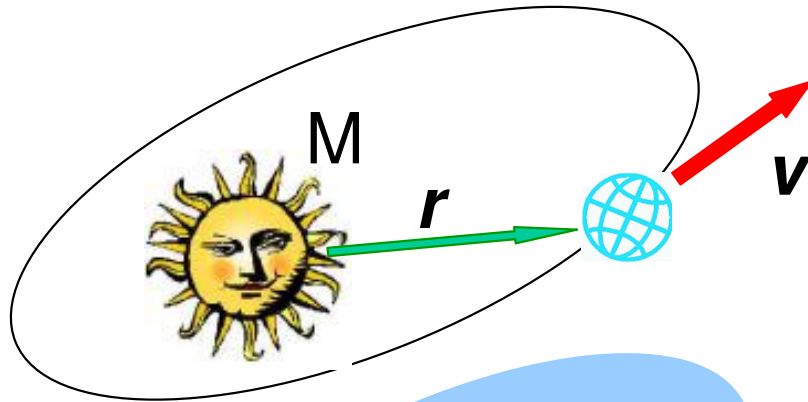
galaxis: folytonos  
 $M(r)$  tömegeloszlás



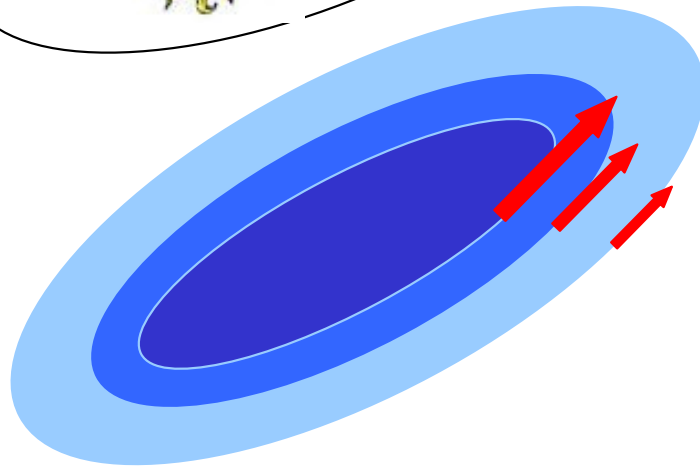
Ennyi az **atomos anyag** története.  
Ennek jelentős része a csillagokban van,  
ezért **világító anyagnak** is hívják.

**Van-e más is a világban?**

**Igen: a sötét anyag**



Kepler III. törvénye:  $v(r, M)$

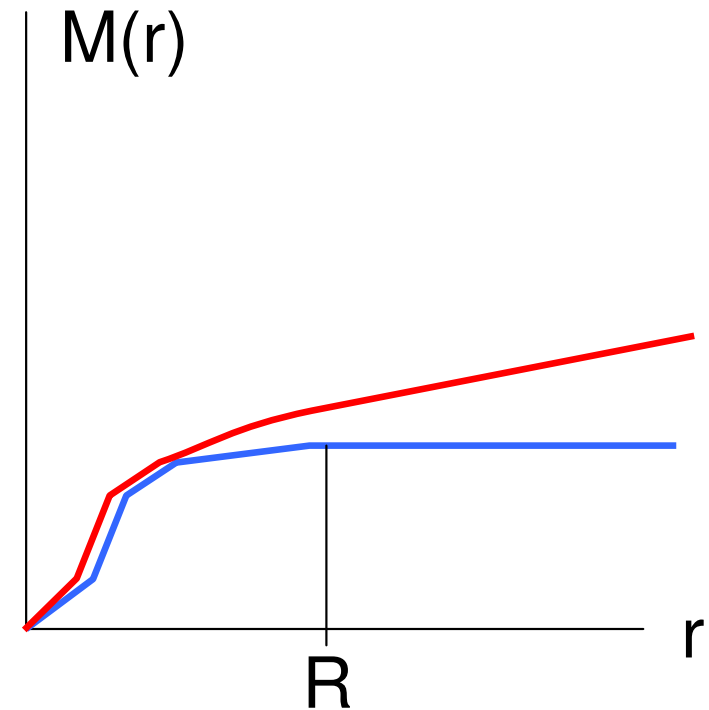


$v(r)$  mérhető



$M(r)$  számítható

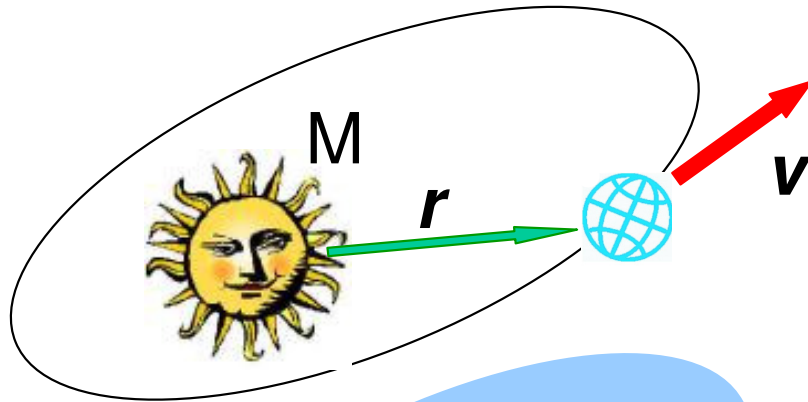
galaxis: folytonos  
 $M(r)$  tömegeloszlás



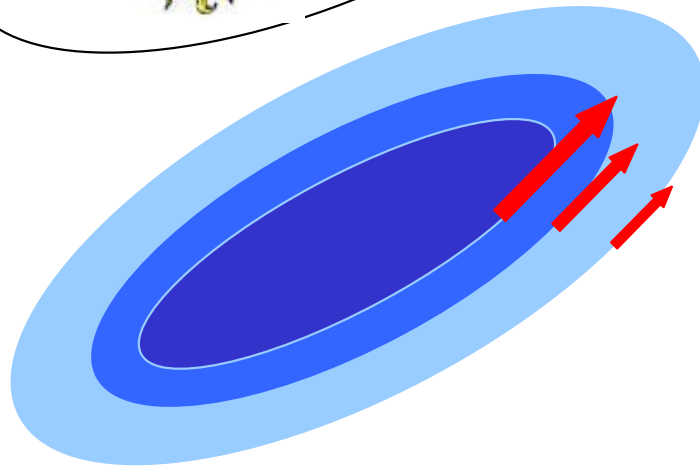
Ennyi az **atomos anyag** története.  
 Ennek jelentős része a csillagokban van,  
 ezért **világító anyagnak** is hívják.

**Van-e más is a világban?**

**Igen: a sötét anyag**



Kepler III. törvénye:  $v(r, M)$

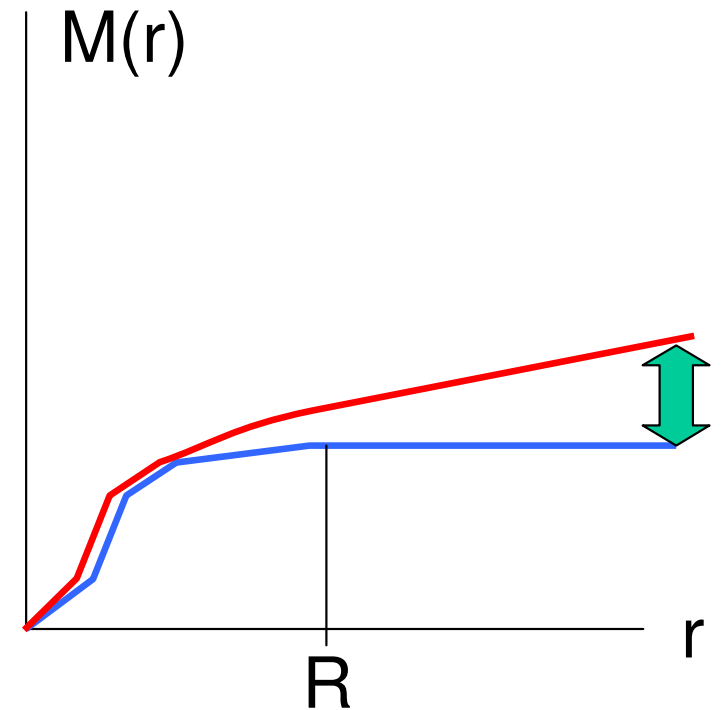


$v(r)$  mérhető



$M(r)$  számítható

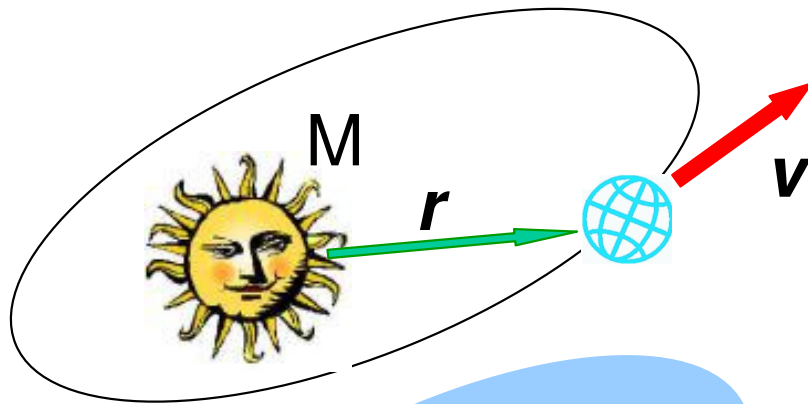
galaxis: folytonos  
 $M(r)$  tömegeloszlás



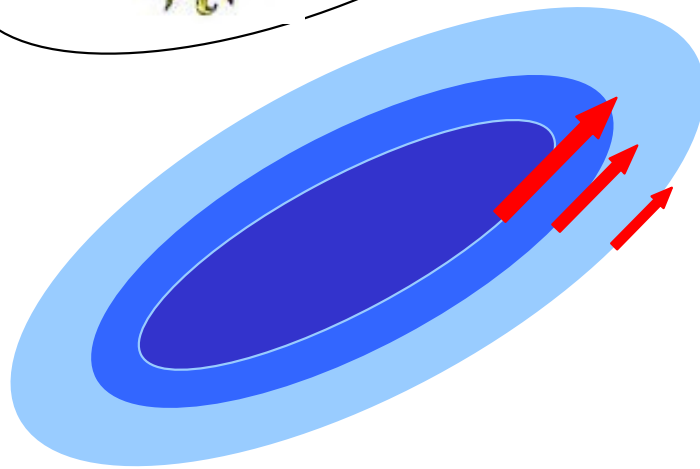
Ennyi az **atomos anyag** története.  
Ennek jelentős része a csillagokban van,  
ezért **világító anyagnak** is hívják.

**Van-e más is a világban?**

**Igen: a sötét anyag**



Kepler III. törvénye:  $v(r, M)$

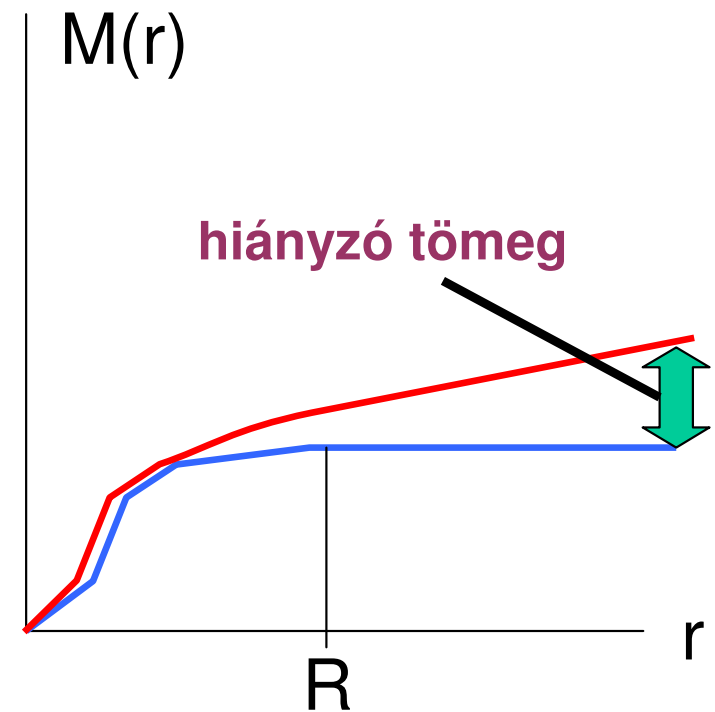


$v(r)$  mérhető



$M(r)$  számítható

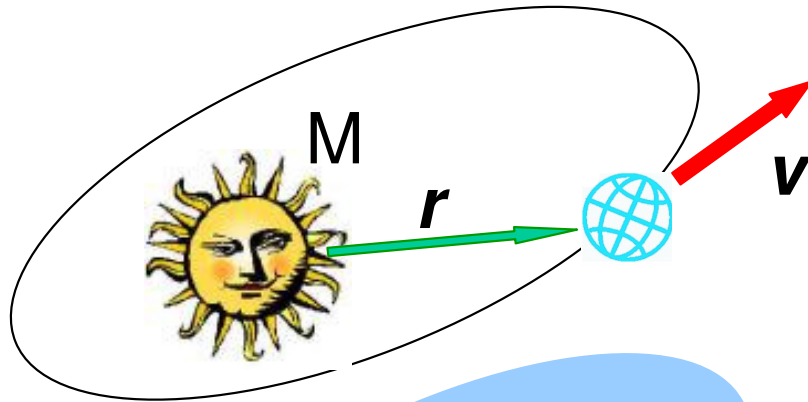
galaxis: folytonos  
 $M(r)$  tömegeloszlás



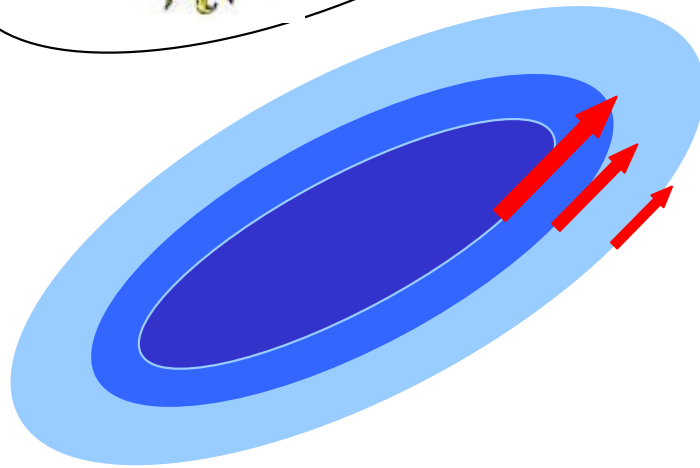
Ennyi az **atomos anyag** története.  
 Ennek jelentős része a csillagokban van,  
 ezért **világító anyagnak** is hívják.

**Van-e más is a világban?**

**Igen: a sötét anyag**



Kepler III. törvénye:  $v(r, M)$

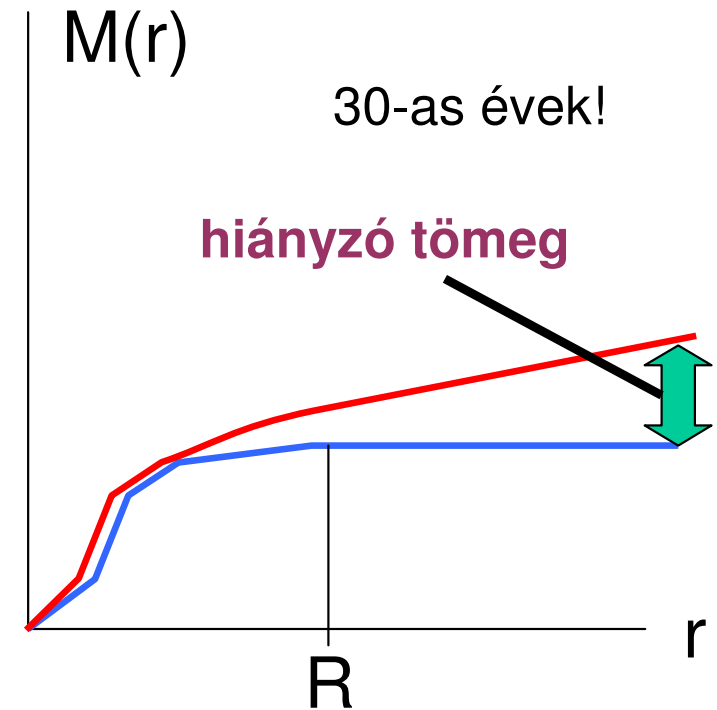


$v(r)$  mérhető



$M(r)$  számítható

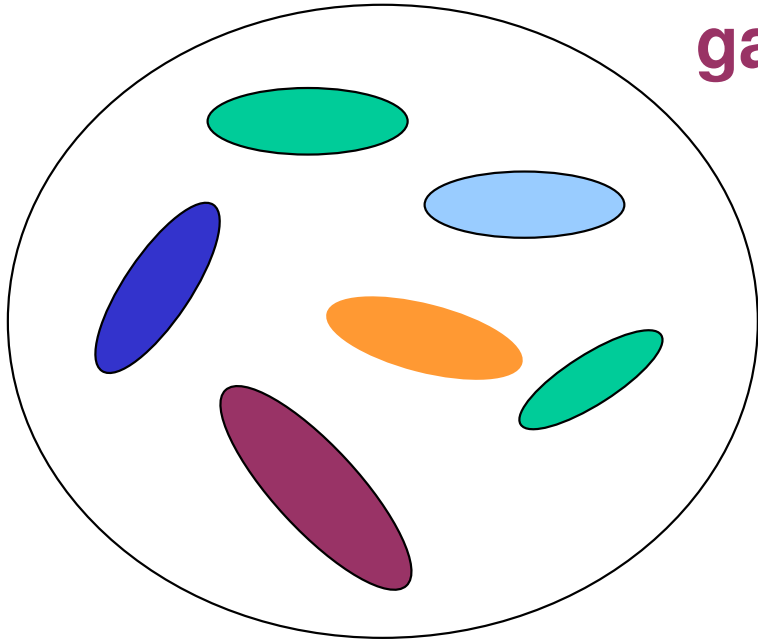
galaxis: folytonos  
 $M(r)$  tömegeloszlás



# galaxishalmaz



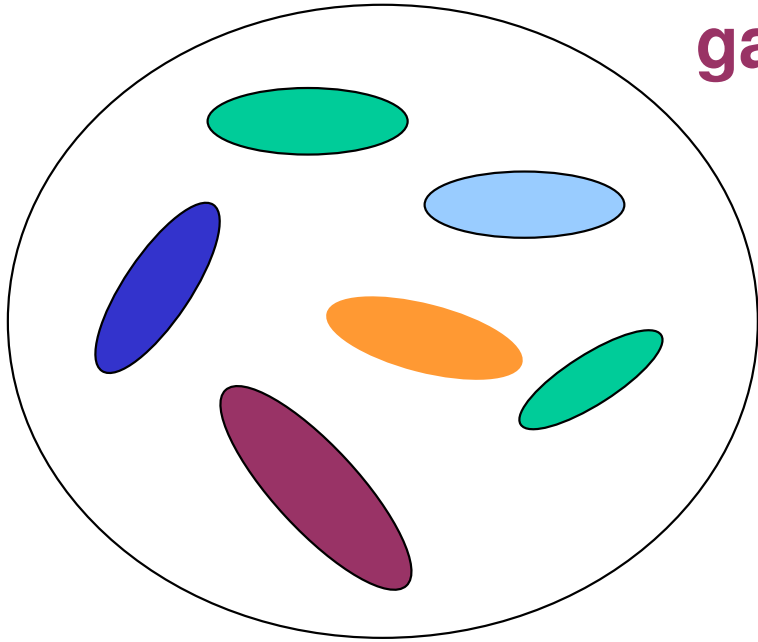
# galaxishalmaz



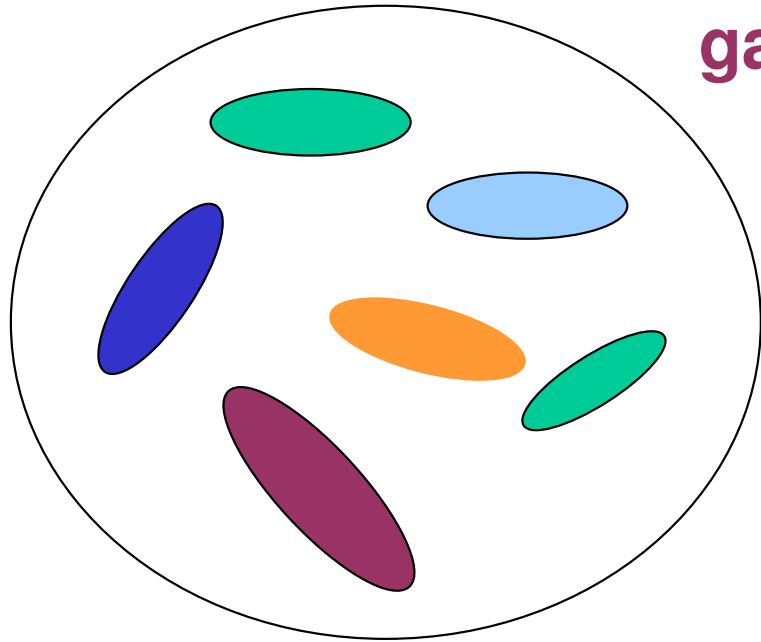


# galaxishalmaz

mi tartja össze?



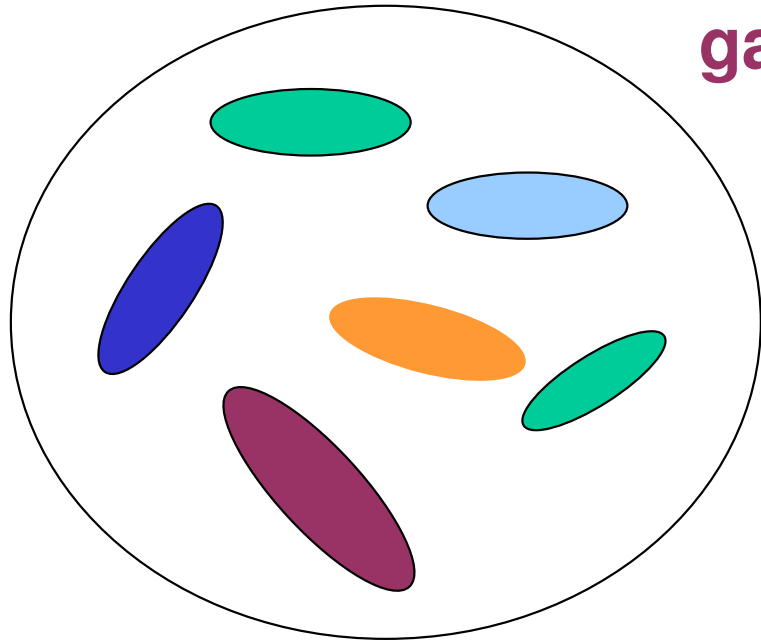
# galaxishalmaz



mi tartja össze?

a kölcsönös tömegvonzás

# galaxishalmaz

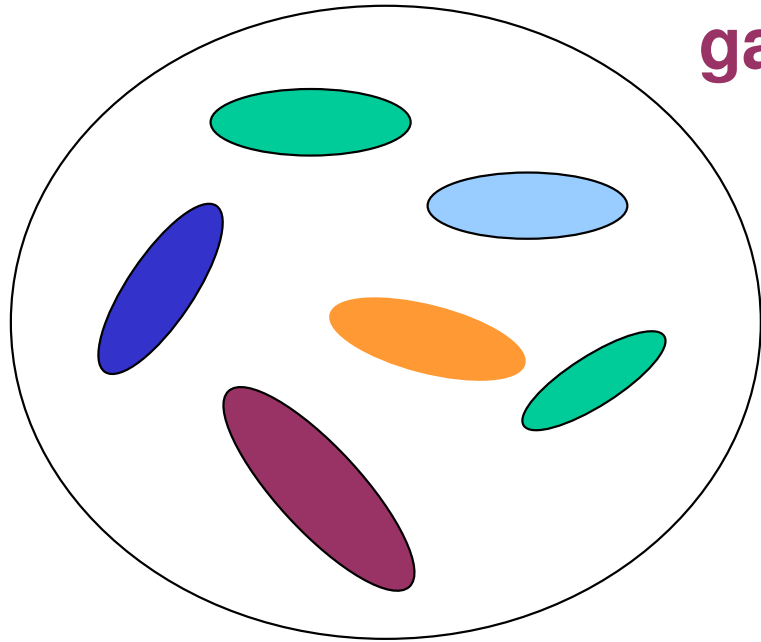


mi tartja össze?

a kölcsönös tömegvonzás

$$E = E_{\text{mozg}} + E_{\text{grav}}$$

# galaxishalmaz

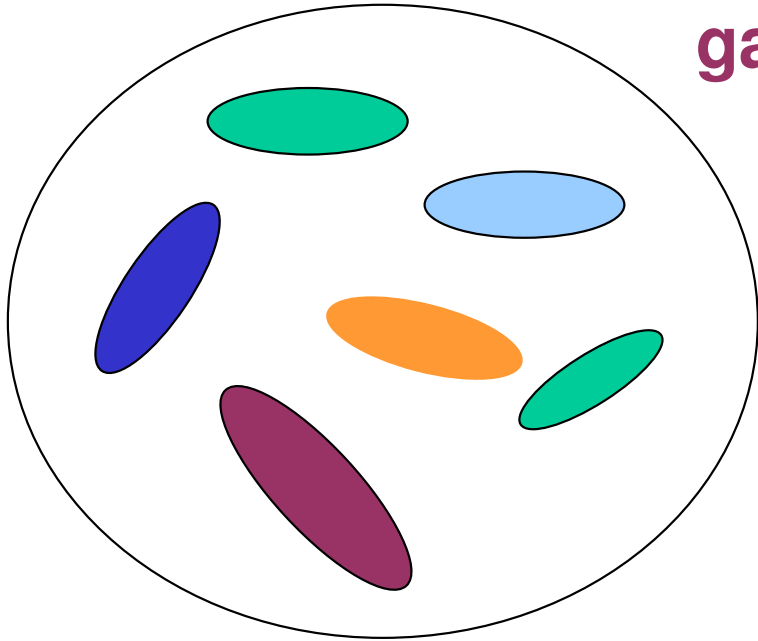


mi tartja össze?

a kölcsönös tömegvonzás

$$E = E_{\text{mozg}} + E_{\text{grav}} \\ > 0$$

# galaxishalmaz



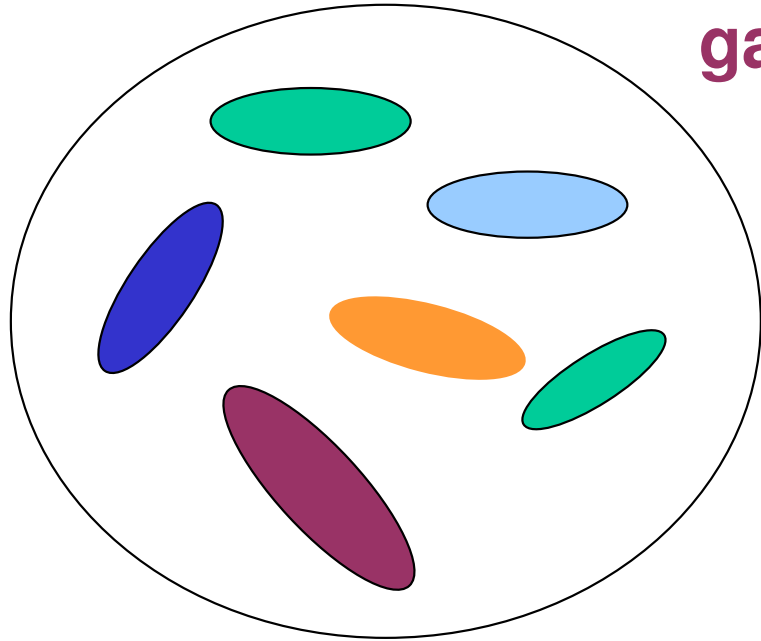
mi tartja össze?

a kölcsönös tömegvonzás

$$E = E_{\text{mozg}} + E_{\text{grav}}$$

> 0      < 0

# galaxishalmaz



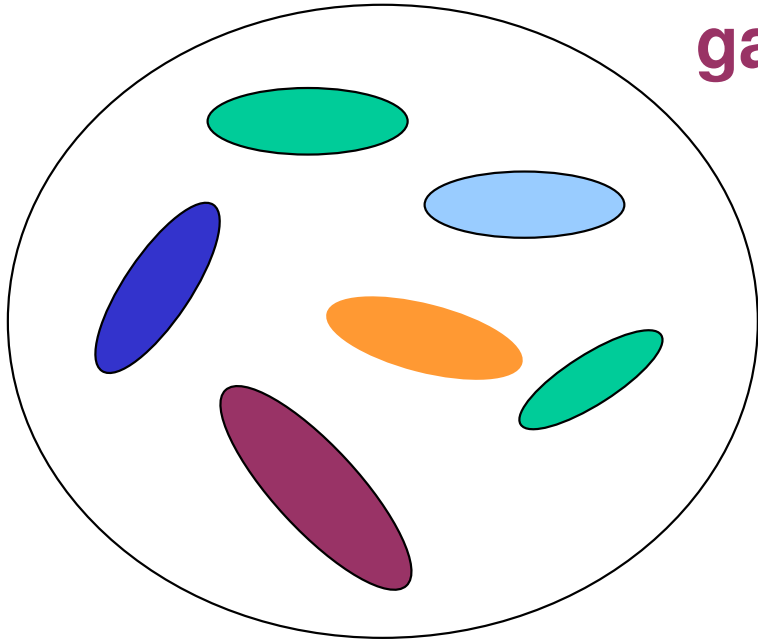
mi tartja össze?

a kölcsönös tömegvonzás

$$E = E_{\text{mozg}} + E_{\text{grav}} \quad \left| \quad > 0 \quad \text{szétszalad} \right.$$

$> 0$        $< 0$

# galaxishalmaz



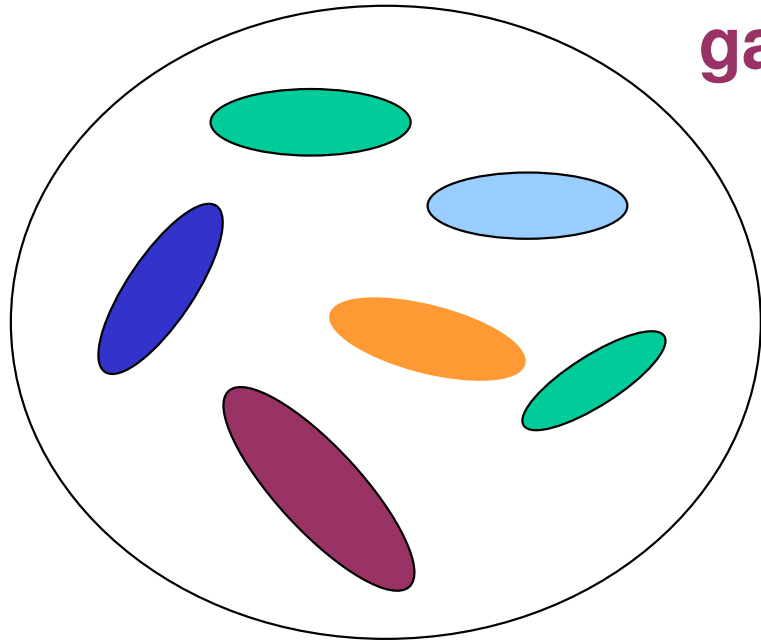
mi tartja össze?

a kölcsönös tömegvonzás

$$E = E_{\text{mozg}} + E_{\text{grav}} \quad \left| \begin{array}{l} > 0 \\ < 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{szétszalad} \\ \text{együtt marad} \end{array}$$

$> 0$        $< 0$        $< 0$

## galaxishalmaz



mi tartja össze?

a kölcsönös tömegvonzás

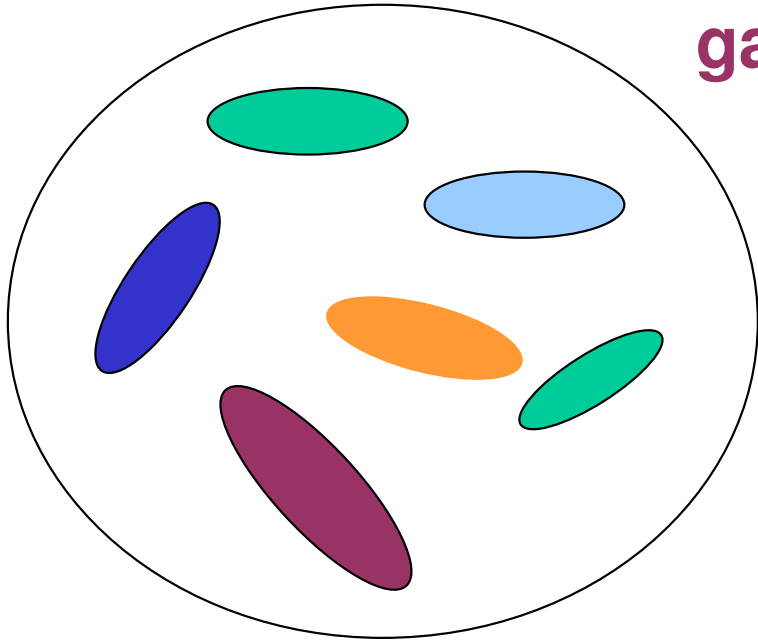
$$E = E_{\text{mozg}} + E_{\text{grav}} \quad \left| \begin{array}{l} > 0 \\ < 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{szétszalad} \\ \text{együtt marad} \end{array}$$

$> 0$        $< 0$        $< 0$

**A látható anyag kevés!**



## galaxishalmaz



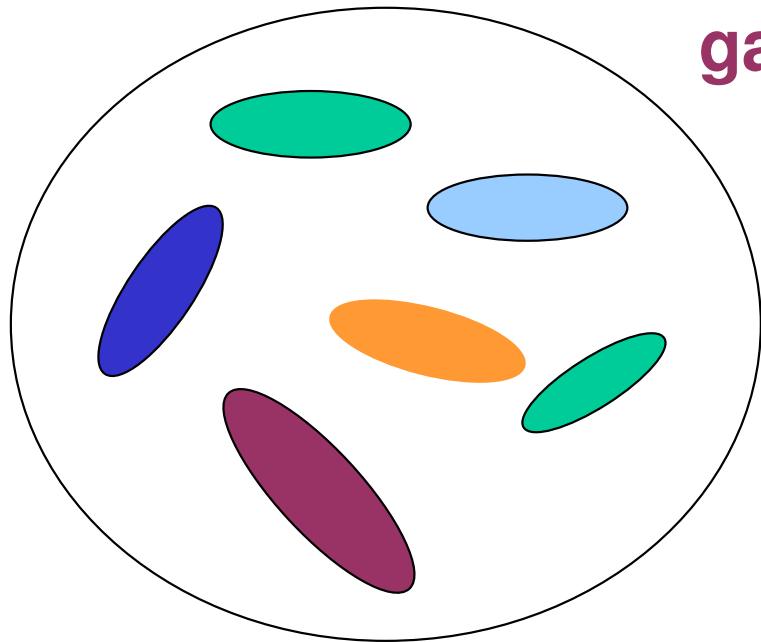
mi tartja össze?

a kölcsönös tömegvonzás

$$E = E_{\text{mozg}} + E_{\text{grav}} \quad \left| \begin{array}{l} > 0 \\ < 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{szétszalad} \\ \text{együtt marad} \end{array}$$

$> 0$        $< 0$        $< 0$

**A látható anyag kevés!** kb. a százszorosa hiányzik....



## galaxishalmaz

mi tartja össze?

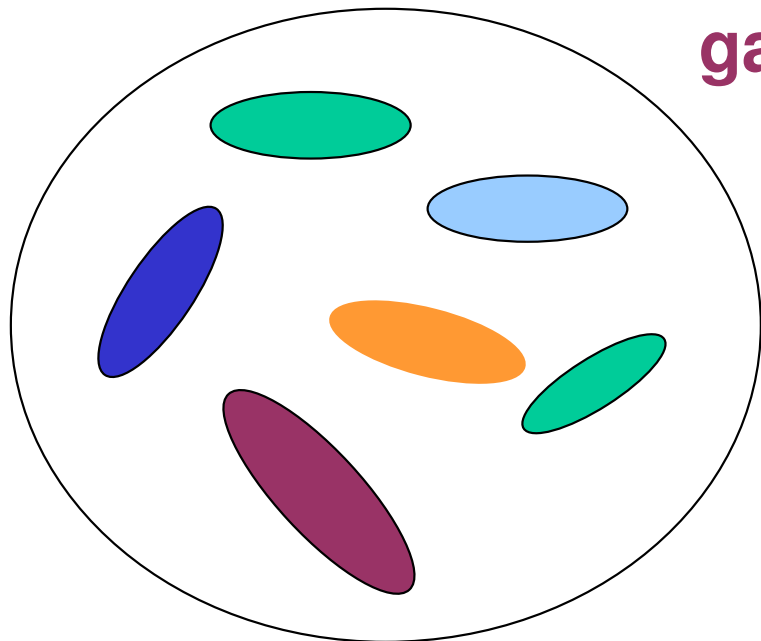
a kölcsönös tömegvonzás

$$E = E_{\text{mozg}} + E_{\text{grav}} \quad \left| \begin{array}{l} > 0 \\ < 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{szétszalad} \\ \text{együtt marad} \end{array}$$

$> 0$        $< 0$        $< 0$

**A látható anyag kevés!** kb. a százszorosa hiányzik....

**ő a sötét anyag**



## galaxishalmaz

mi tartja össze?

a kölcsönös tömegvonzás

$$E = E_{\text{mozg}} + E_{\text{grav}} \quad \left| \begin{array}{l} > 0 \\ < 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{szétszalad} \\ \text{együtt marad} \end{array}$$

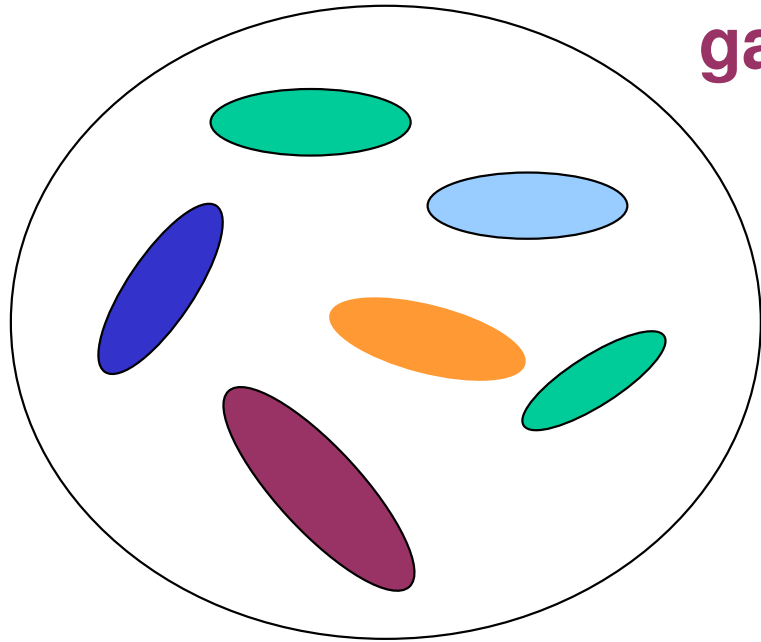
$> 0$        $< 0$        $< 0$

**A látható anyag kevés!** kb. a százszorosa hiányzik....

**ő a sötét anyag**

Hát ez mi lehet?

## galaxishalmaz



mi tartja össze?

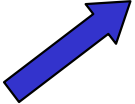
a kölcsönös tömegvonzás

$$E = E_{\text{mozg}} + E_{\text{grav}} \quad \left| \begin{array}{l} > 0 \\ < 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{szétszalad} \\ \text{együtt marad} \end{array}$$

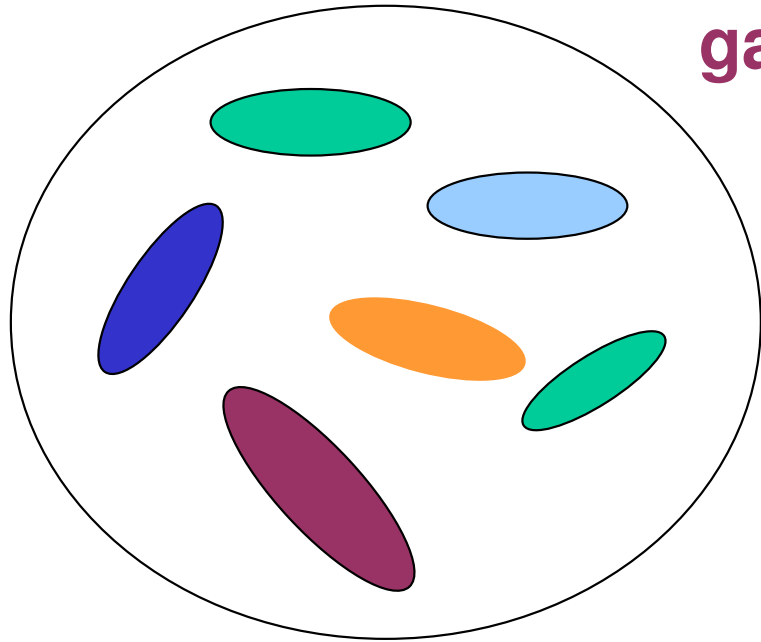
$> 0$        $< 0$        $< 0$

**A látható anyag kevés!** kb. a százszorosa hiányzik....

**ő a sötét anyag**

Hát ez mi lehet?  atomos anyag:

## galaxishalmaz



mi tartja össze?

a kölcsönös tömegvonzás

$$E = E_{\text{mozg}} + E_{\text{grav}} \quad \left| \begin{array}{l} > 0 \\ < 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{szétszalad} \\ \text{együtt marad} \end{array}$$

$> 0$        $< 0$        $< 0$

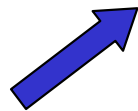
**A látható anyag kevés!** kb. a százszorosa hiányzik....

**ő a sötét anyag**

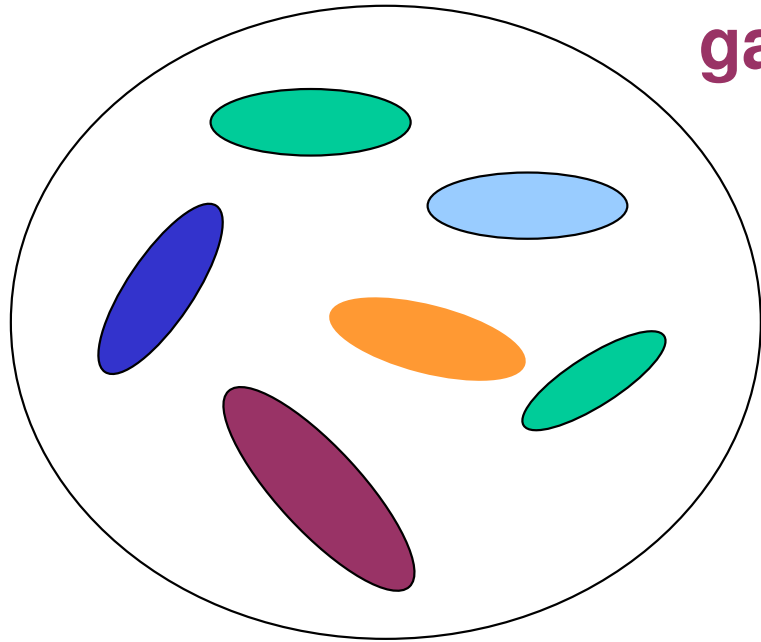
halvány csillagok

atomos anyag:

Hát ez mi lehet?



## galaxishalmaz



mi tartja össze?

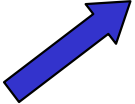
a kölcsönös tömegvonzás

$$E = E_{\text{mozg}} + E_{\text{grav}} \quad \left| \begin{array}{l} > 0 \\ < 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{szétszalad} \\ \text{együtt marad} \end{array}$$

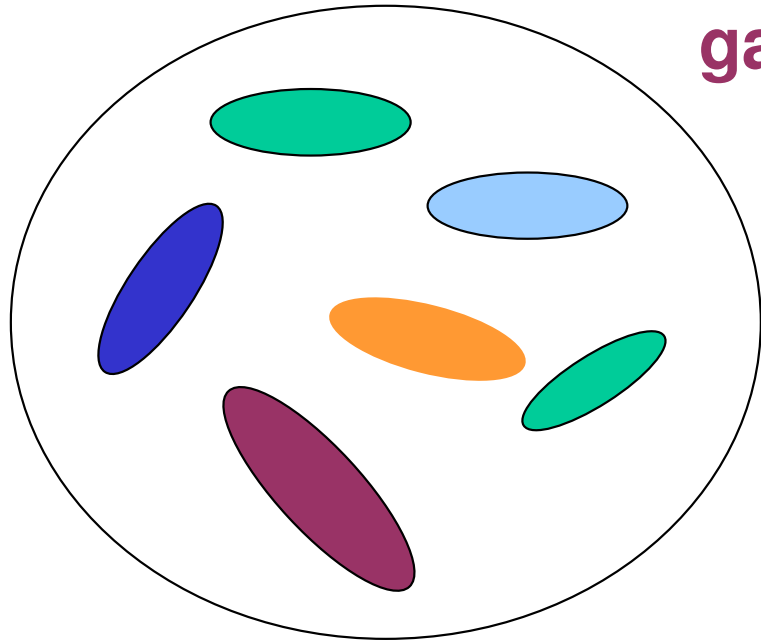
$> 0$        $< 0$        $< 0$

**A látható anyag kevés!** kb. a százszorosa hiányzik....

**ő a sötét anyag**

Hát ez mi lehet?  atomos anyag: halvány csillagok  
bolygók

## galaxishalmaz



mi tartja össze?

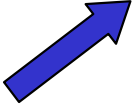
a kölcsönös tömegvonzás

$$E = E_{\text{mozg}} + E_{\text{grav}} \quad \left| \begin{array}{l} > 0 \\ < 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{szétszalad} \\ \text{együtt marad} \end{array}$$

$> 0$        $< 0$        $< 0$

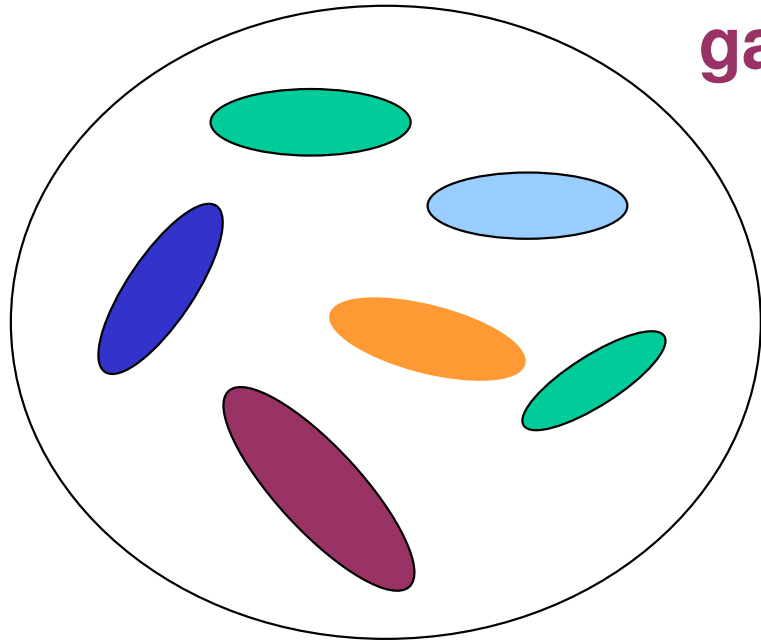
**A látható anyag kevés!** kb. a százszorosa hiányzik....

**ő a sötét anyag**

Hát ez mi lehet?  atomos anyag:

halvány csillagok  
bolygók  
por

## galaxishalmaz



mi tartja össze?

a kölcsönös tömegvonzás

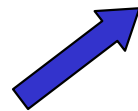
$$E = E_{\text{mozg}} + E_{\text{grav}} \quad \left| \begin{array}{l} > 0 \\ < 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{szétszalad} \\ \text{együtt marad} \end{array}$$

$> 0$        $< 0$        $< 0$

**A látható anyag kevés!** kb. a százszorosa hiányzik....

**ő a sötét anyag**

Hát ez mi lehet?

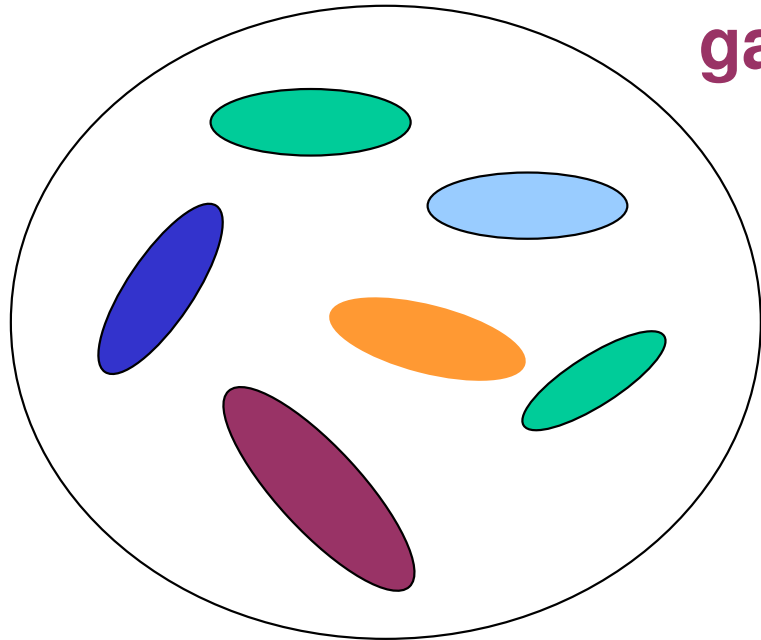


atomos anyag:

halvány csillagok  
bolygók  
por  
gáz



# galaxishalmaz



mi tartja össze?

a kölcsönös tömegvonzás

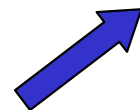
$$E = E_{\text{mozg}} + E_{\text{grav}} \quad \left| \begin{array}{l} > 0 \\ < 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{szétszalad} \\ \text{együtt marad} \end{array}$$

$> 0$        $< 0$        $< 0$

**A látható anyag kevés!** kb. a százszorosa hiányzik....

**ő a sötét anyag**

Hát ez mi lehet?



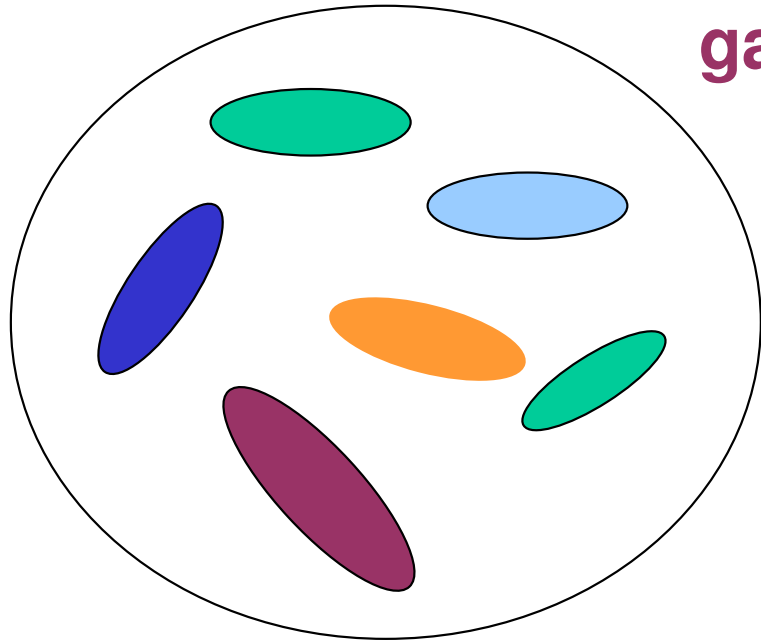
atomos anyag:

halvány csillagok  
bolygók  
por  
gáz



egzotikus anyag:

# galaxishalmaz



mi tartja össze?

a kölcsönös tömegvonzás

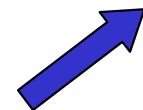
$$E = E_{\text{mozg}} + E_{\text{grav}} \quad \left| \begin{array}{l} > 0 \\ < 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{szétszalad} \\ \text{együtt marad} \end{array}$$

$> 0$        $< 0$        $< 0$

**A látható anyag kevés!** kb. a százszorosa hiányzik....

**ő a sötét anyag**

Hát ez mi lehet?



atomos anyag:

halvány csillagok

bolygók

por

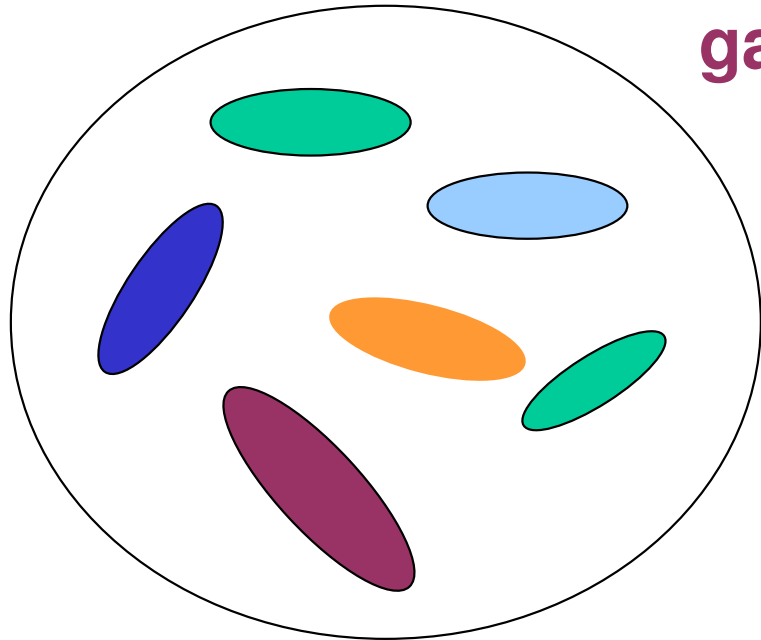
gáz

elemi részecskék



egzotikus anyag:

# galaxishalmaz



mi tartja össze?

a kölcsönös tömegvonzás

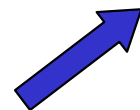
$$E = E_{\text{mozg}} + E_{\text{grav}} \quad \left| \begin{array}{l} > 0 \\ < 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{szétszalad} \\ \text{együtt marad} \end{array}$$

$> 0$        $< 0$        $< 0$

**A látható anyag kevés!** kb. a százszorosa hiányzik....

## ő a sötét anyag

Hát ez mi lehet?



atomos anyag:

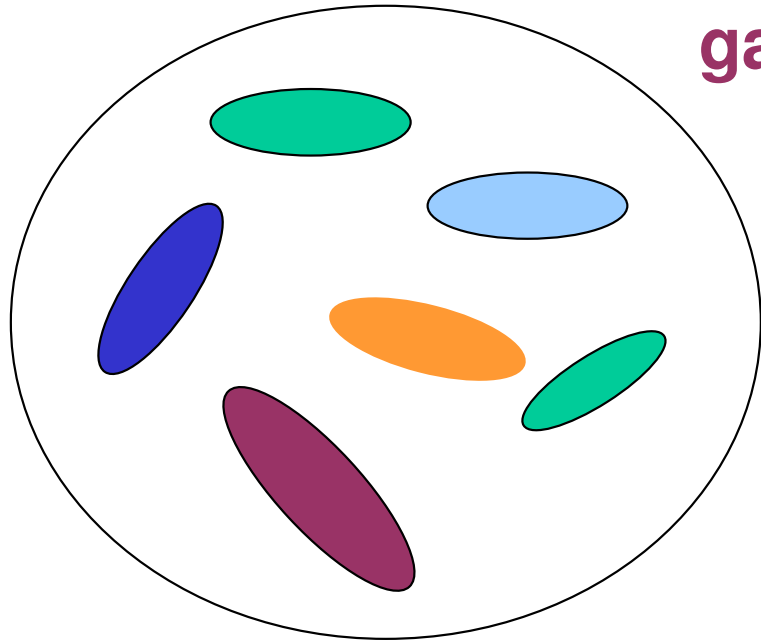
halvány csillagok  
bolygók  
por  
gáz



egzotikus anyag:

elemi részecskék  
fekete lyukak

# galaxishalmaz



mi tartja össze?

a kölcsönös tömegvonzás

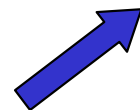
$$E = E_{\text{mozg}} + E_{\text{grav}} \quad \left| \begin{array}{l} > 0 \\ < 0 \end{array} \right. \begin{array}{l} \text{szétszalad} \\ \text{együtt marad} \end{array}$$

$> 0$        $< 0$        $< 0$

**A látható anyag kevés!** kb. a százszorosa hiányzik....

## ő a sötét anyag

Hát ez mi lehet?



atomos anyag:

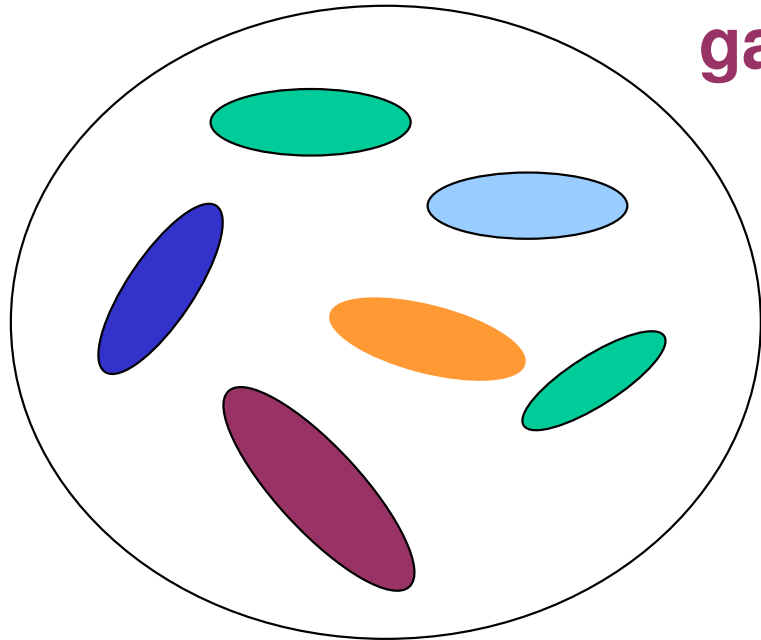
halvány csillagok  
bolygók  
por  
gáz



egzotikus anyag:

elemi részecskék  
fekete lyukak  
gravitációs hullámok

# galaxishalmaz



mi tartja össze?

a kölcsönös tömegvonzás

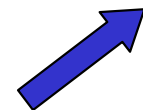
$$E = E_{\text{mozg}} + E_{\text{grav}} \quad \left| \begin{array}{l} > 0 \\ < 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{szétszalad} \\ \text{együtt marad} \end{array}$$

$> 0$        $< 0$        $< 0$

**A látható anyag kevés!** kb. a százszorosa hiányzik....

## ő a sötét anyag

Hát ez mi lehet?



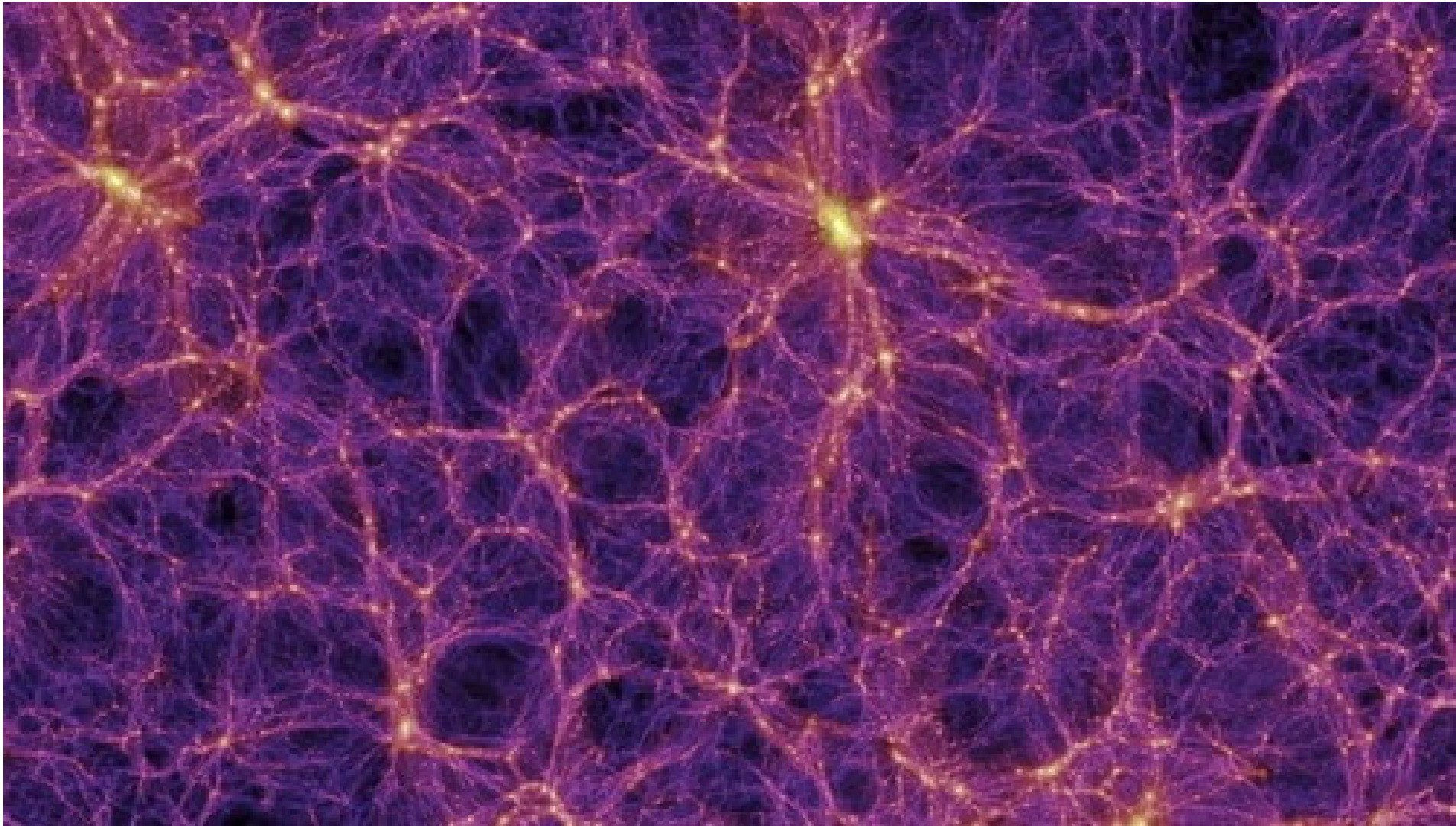
atomos anyag:

halvány csillagok  
bolygók  
por  
gáz



egzotikus anyag:

elemi részecskék  
fekete lyukak  
gravitációs hullámok  
téridő-diszlokációk stb.



a sötét anyag szimulált eloszlása:  
az Univerzum szálak struktúrája



galaxisok ütközése és a kísérő sötét anyag „löttyenése”

# hogy tudjuk megmérni az anyag teljes mennyiségét?





# hogy tudjuk megmérni az anyag teljes mennyiségét?

globális



# hogy tudjuk megmérni az anyag teljes mennyiségét?

~~globális~~ kozmikus gravitációs hatása alapján:



# hogy tudjuk megmérni az anyag teljes mennyiségét?

~~globális~~ kozmikus gravitációs hatása alapján:

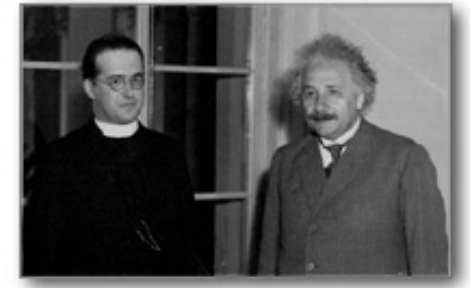
**a KOZMOLÓGIÁBAN**



# hogy tudjuk megmérni az anyag teljes mennyiségét?

~~globális~~ kozmikus gravitációs hatása alapján:

**a KOZMOLÓGIÁBAN**

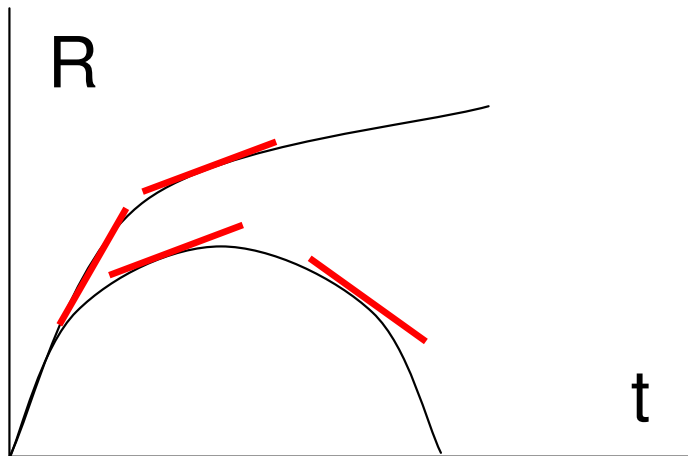


Einstein és Lemaitre

# hogy tudjuk megmérni az anyag teljes mennyiségét?

~~globális~~ kozmikus gravitációs hatása alapján:

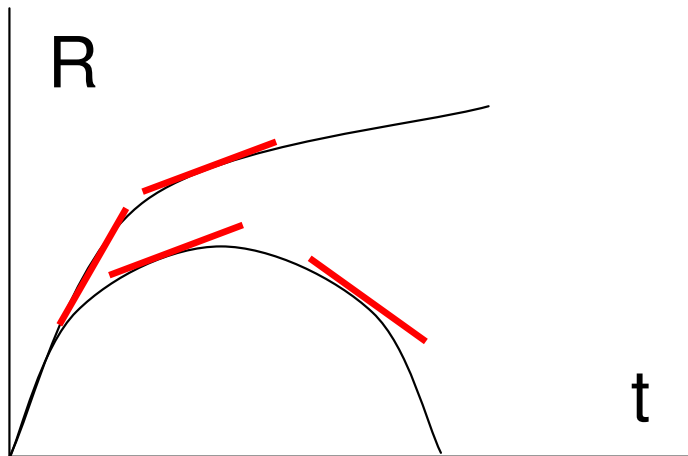
## a KOZMOLÓGIÁBAN



# hogy tudjuk megmérni az anyag teljes mennyiségét?

~~globális~~ kozmikus gravitációs hatása alapján:

## a KOZMOLÓGIÁBAN



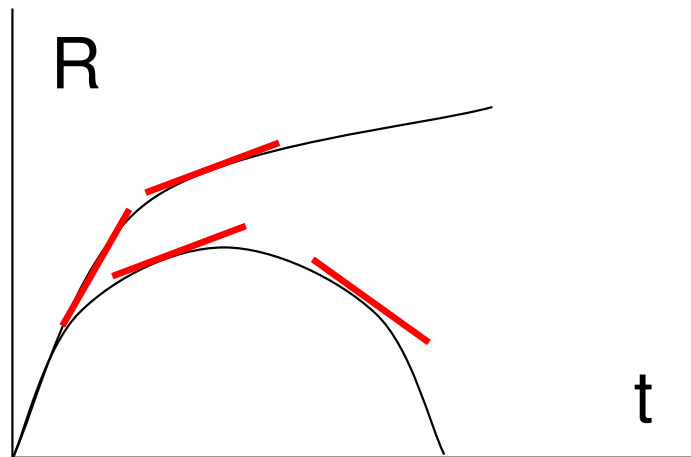
$R(t)$ :

az Univerzum  
tágulásának  
forgatókönyve

# hogy tudjuk megmérni az anyag teljes mennyiségét?

~~globális~~ kozmikus gravitációs hatása alapján:

## a KOZMOLÓGIÁBAN



$R(t)$ :

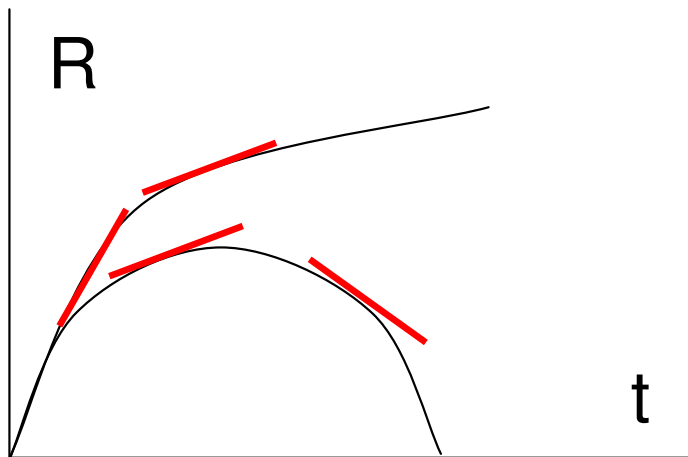
mitől függ?

az Univerzum  
tágulásának  
forgatókönyve

# hogy tudjuk megmérni az anyag teljes mennyiségét?

~~globális~~ kozmikus gravitációs hatása alapján:

## a KOZMOLÓGIÁBAN



$R(t)$ :  
az Univerzum  
tágulásának  
forgatókönyve

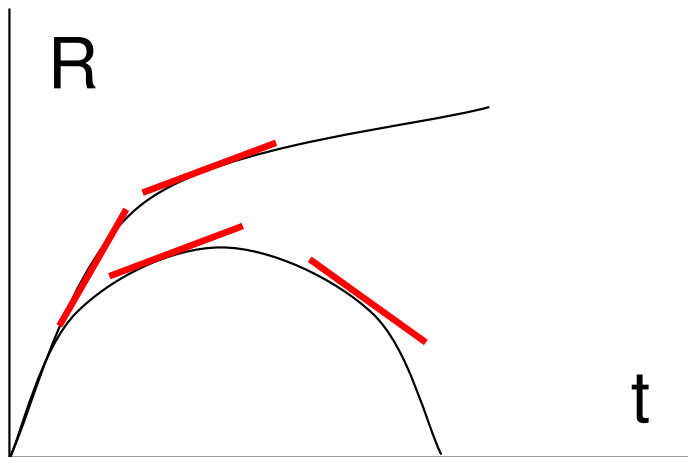
mitől függ?  
a jelenlévő anyag  
mennyiségétől és  
fajtájától



# hogy tudjuk megmérni az anyag teljes mennyiségét?

~~globális~~ kozmikus gravitációs hatása alapján:

## a KOZMOLÓGIÁBAN



$R(t)$ :

az Univerzum  
tágulásának  
forgatókönyve

mitől függ?

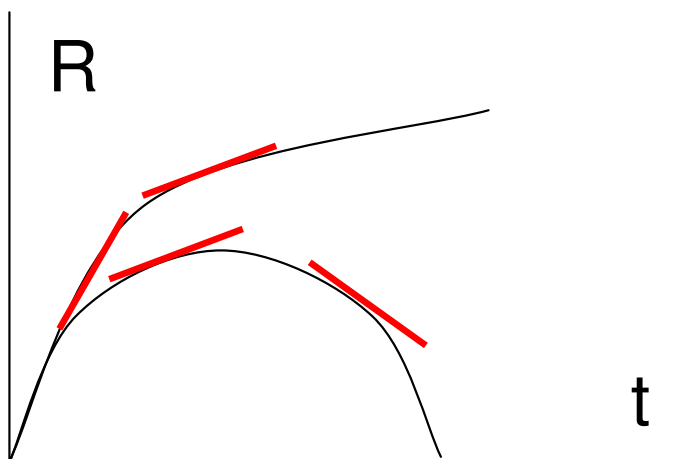
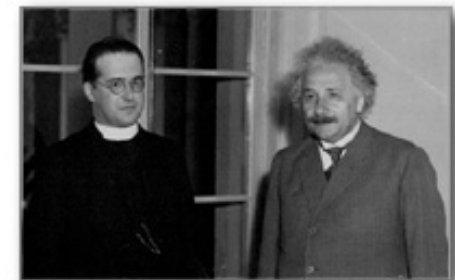
a jelenlévő anyag  
mennyiségétől és  
fajtájától

mindig van egy domináns anyagfajta!

# hogy tudjuk megmérni az anyag teljes mennyiségét?

~~globális~~ kozmikus gravitációs hatása alapján:

## a KOZMOLÓGIÁBAN



$R(t)$ :

az Univerzum  
tágulásának  
forgatókönyve

mitől függ?

a jelenlévő anyag  
mennyiségétől és  
fajtájától

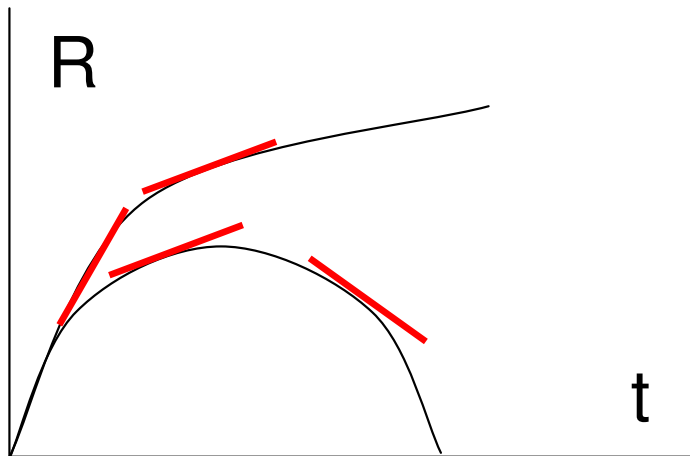
mindig van egy domináns anyagfajta!

... hadronok...

# hogy tudjuk megmérni az anyag teljes mennyiségét?

~~globális~~ kozmikus gravitációs hatása alapján:

## a KOZMOLÓGIÁBAN



$R(t)$ :  
az Univerzum  
tágulásának  
forgatókönyve

mitől függ?

a jelenlévő anyag  
mennyiségétől és  
fajtájától

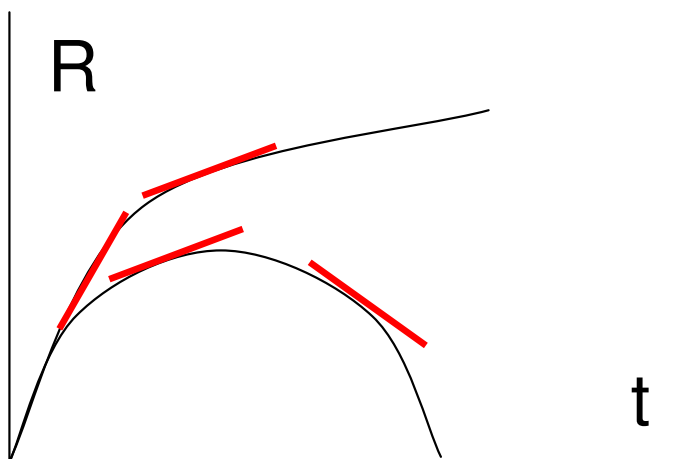
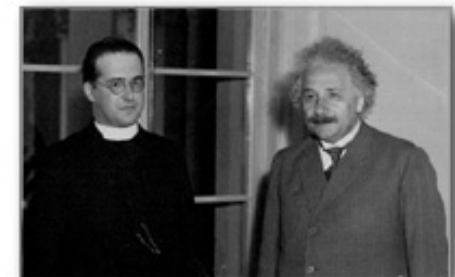
mindig van egy domináns anyagfajta!

... hadronok...leptonok...

# hogy tudjuk megmérni az anyag teljes mennyiségét?

~~globális~~ kozmikus gravitációs hatása alapján:

## a KOZMOLÓGIÁBAN



$R(t)$ :

az Univerzum  
tágulásának  
forgatókönyve

mitől függ?

a jelenlévő anyag  
mennyiségétől és  
fajtájától

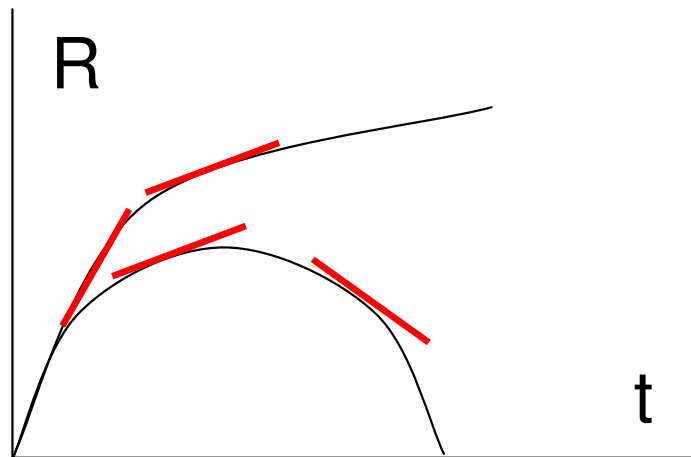
mindig van egy domináns anyagfajta!

... hadronok...leptonok...sugárzás...

# hogy tudjuk megmérni az anyag teljes mennyiségét?

~~globális~~ kozmikus gravitációs hatása alapján:

## a KOZMOLÓGIÁBAN



$R(t)$ :

az Univerzum  
tágulásának  
forgatókönyve

mitől függ?

a jelenlévő anyag  
mennyiségétől és  
fajtájától

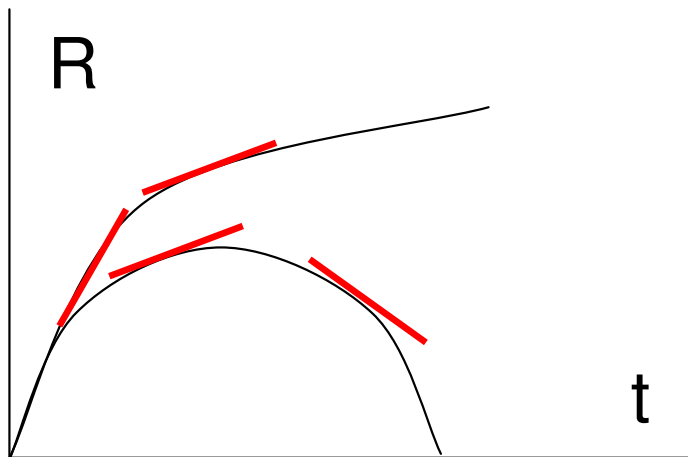
mindig van egy domináns anyagfajta!

... hadronok...leptonok...sugárzás...atomok...

# hogy tudjuk megmérni az anyag teljes mennyiségét?

~~globális~~ kozmikus gravitációs hatása alapján:

## a KOZMOLÓGIÁBAN



$R(t)$ :

az Univerzum  
tágulásának  
forgatókönyve

mitől függ?

a jelenlévő anyag  
mennyiségétől és  
fajtájától

mindig van egy domináns anyagfajta!

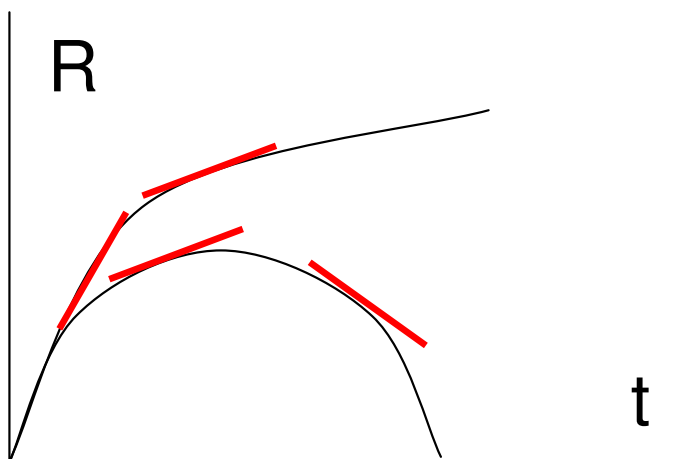
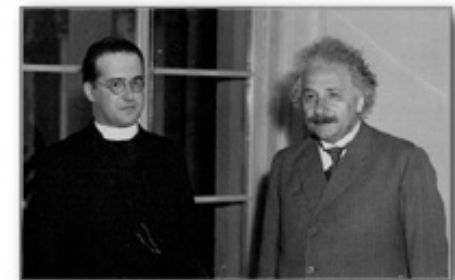
... hadronok...leptonok...sugárzás...atomok...

forgatókönyv:

# hogy tudjuk megmérni az anyag teljes mennyiségét?

~~globális~~ kozmikus gravitációs hatása alapján:

## a KOZMOLÓGIÁBAN



$R(t)$ :

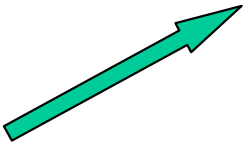
az Univerzum  
tágulásának  
forgatókönyve

mitől függ?

a jelenlévő anyag  
mennyiségétől és  
fajtájától

mindig van egy domináns anyagfajta!

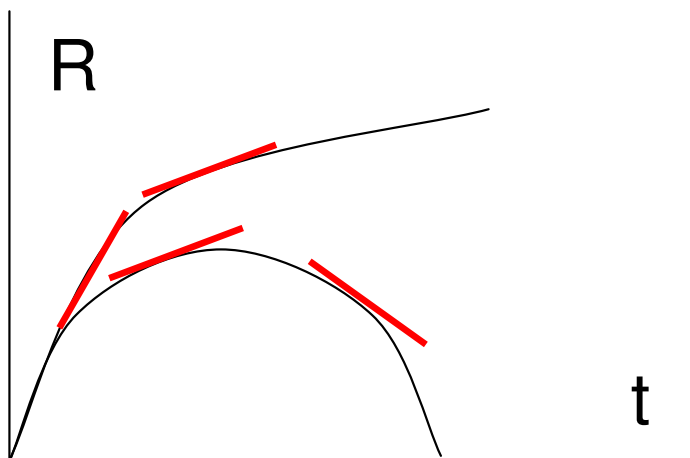
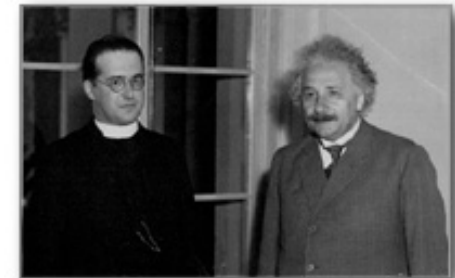
... hadronok...leptonok...sugárzás...atomok...

forgatókönyv:  galaxisok eloszlása

# hogy tudjuk megmérni az anyag teljes mennyiségét?

~~globális~~ kozmikus gravitációs hatása alapján:

## a KOZMOLÓGIÁBAN



$R(t)$ :

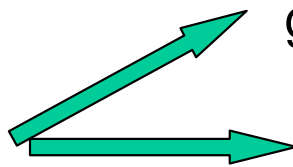
az Univerzum  
tágulásának  
forgatókönyve

mitől függ?

a jelenlévő anyag  
mennyiségétől és  
fajtájától

mindig van egy domináns anyagfajta!

... hadronok...leptonok...sugárzás...atomok...

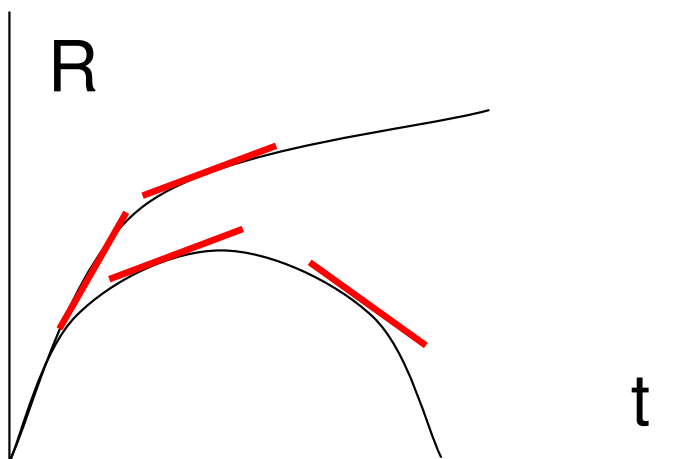
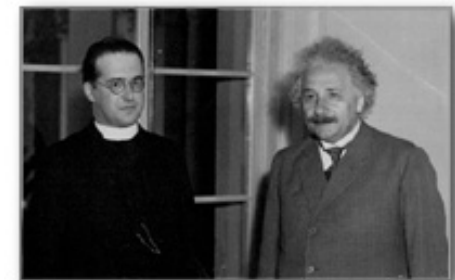
forgatókönyv:  galaxisok eloszlása  
a háttérsugárzás fluktuációja



# hogy tudjuk megmérni az anyag teljes mennyiségét?

~~globális~~ kozmikus gravitációs hatása alapján:

## a KOZMOLÓGIÁBAN



$R(t)$ :

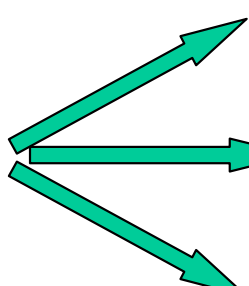
az Univerzum  
tágulásának  
forgatókönyve

mitől függ?

a jelenlévő anyag  
mennyiségétől és  
fajtájától

mindig van egy domináns anyagfajta!

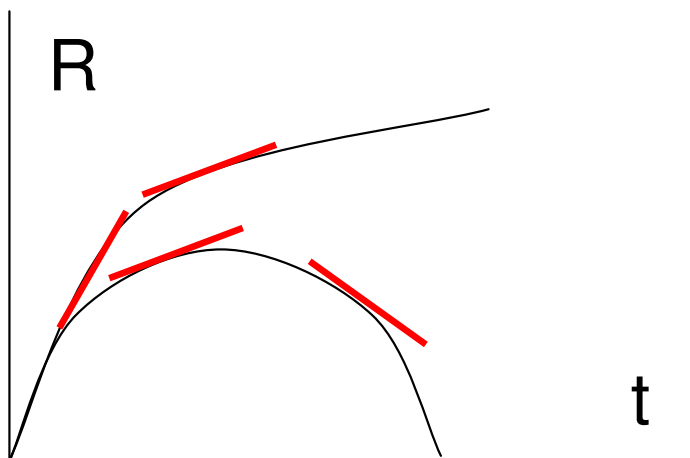
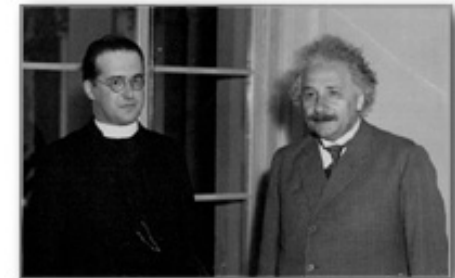
... hadronok...leptonok...sugárzás...atomok...

forgatókönyv:  galaxisok eloszlása  
a háttérsugárzás fluktuációja  
távoli objektumok halványodása

# hogy tudjuk megmérni az anyag teljes mennyiségét?

~~globális~~ kozmikus gravitációs hatása alapján:

## a KOZMOLÓGIÁBAN



$R(t)$ :

az Univerzum  
tágulásának  
forgatókönyve

mitől függ?

a jelenlévő anyag  
mennyiségétől és  
fajtájától

mindig van egy domináns anyagfajta!

... hadronok...leptonok...sugárzás...atomok...

forgatókönyv:

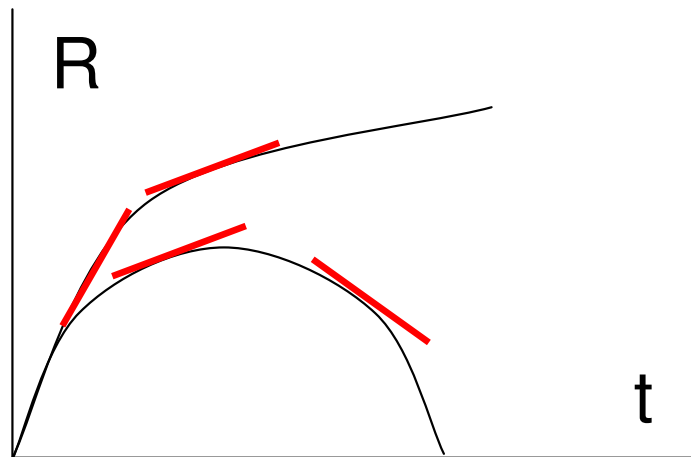
- galaxisok eloszlása
- a háttérsugárzás fluktuációja
- távoli objektumok halványodása

ezek elvileg  
**mérhetők**

# hogy tudjuk megmérni az anyag teljes mennyiségét?

~~globális~~ kozmikus gravitációs hatása alapján:

## a KOZMOLÓGIÁBAN



$R(t)$ :

az Univerzum  
tágulásának  
forgatókönyve

mitől függ?

a jelenlévő anyag  
mennyiségétől és  
fajtájától

mindig van egy domináns anyagfajta!

... hadronok...leptonok...sugárzás...atomok...

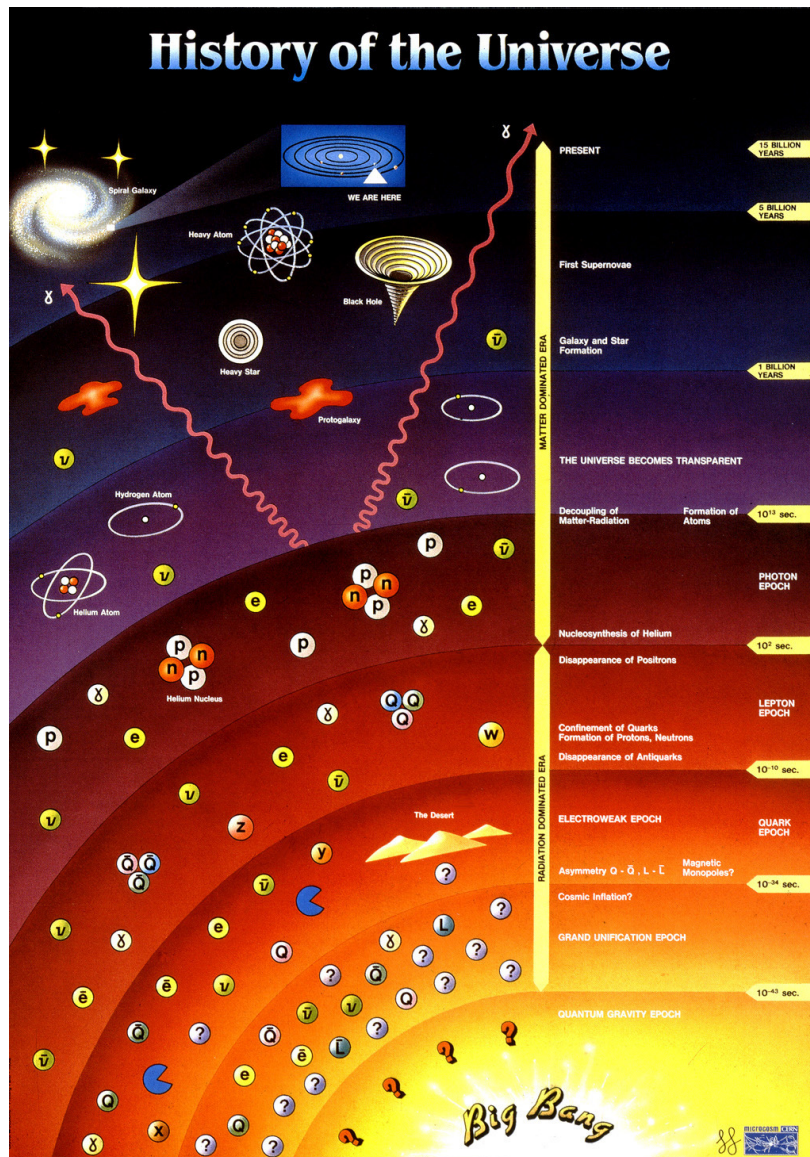
forgatókönyv:

- galaxisok eloszlása
- a háttérsugárzás fluktuációja
- távoli objektumok halványodása

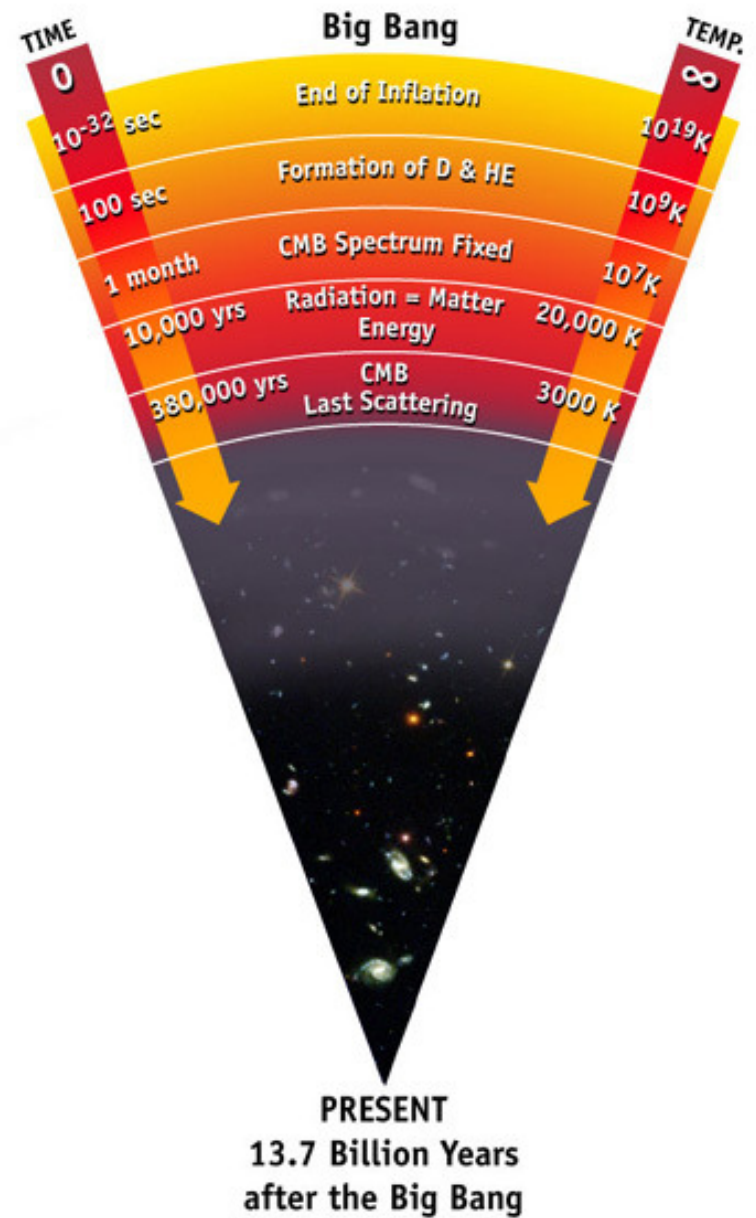
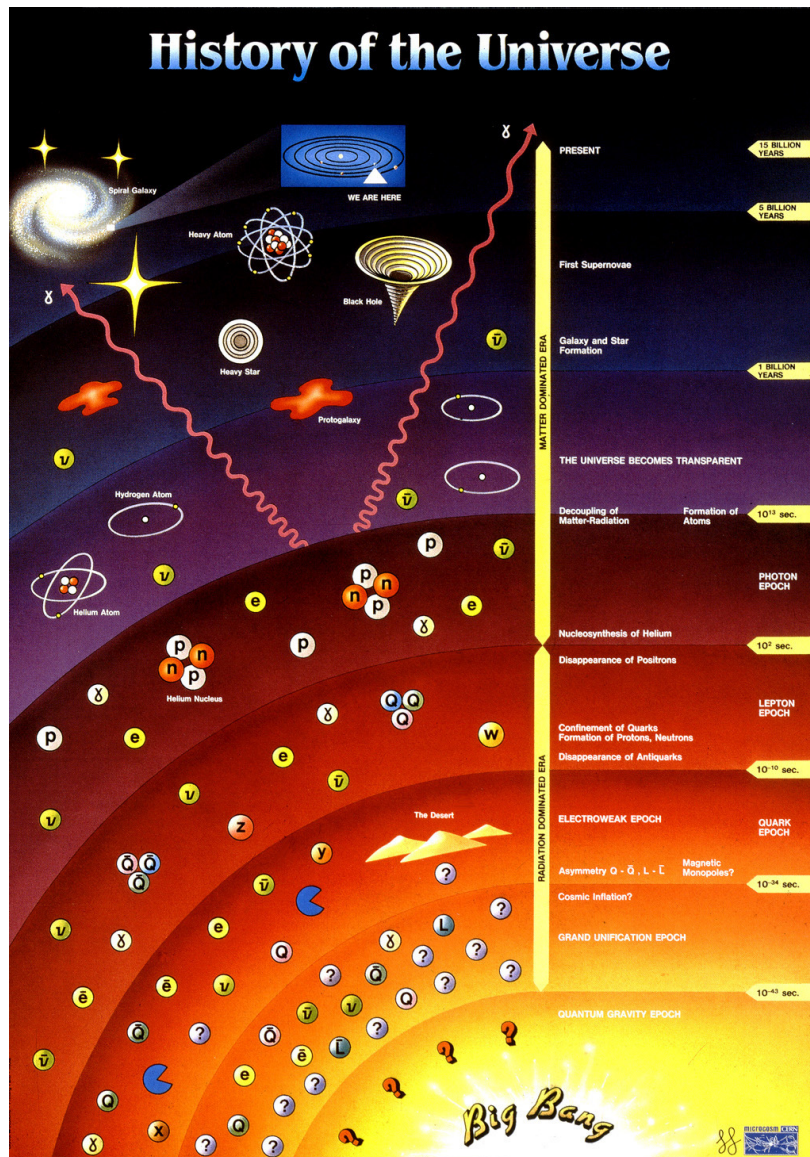
ezek elvileg  
**mérhetők**

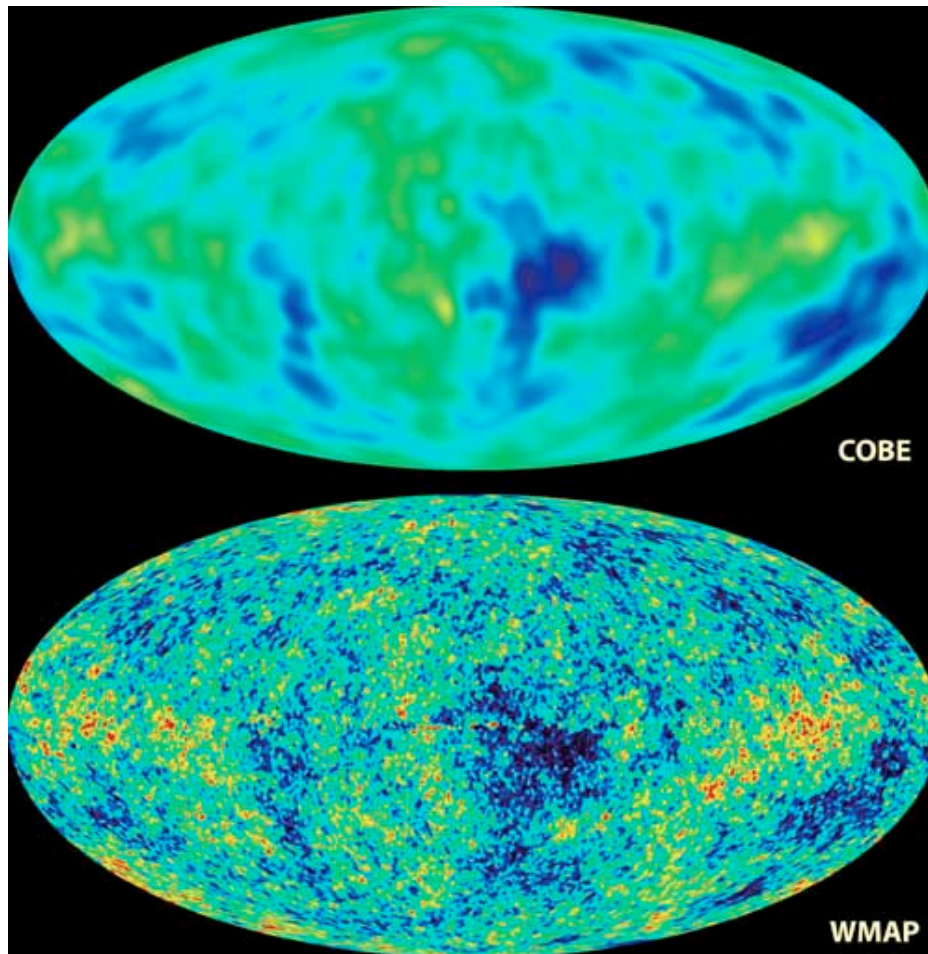
**és most meg is  
mértük!**





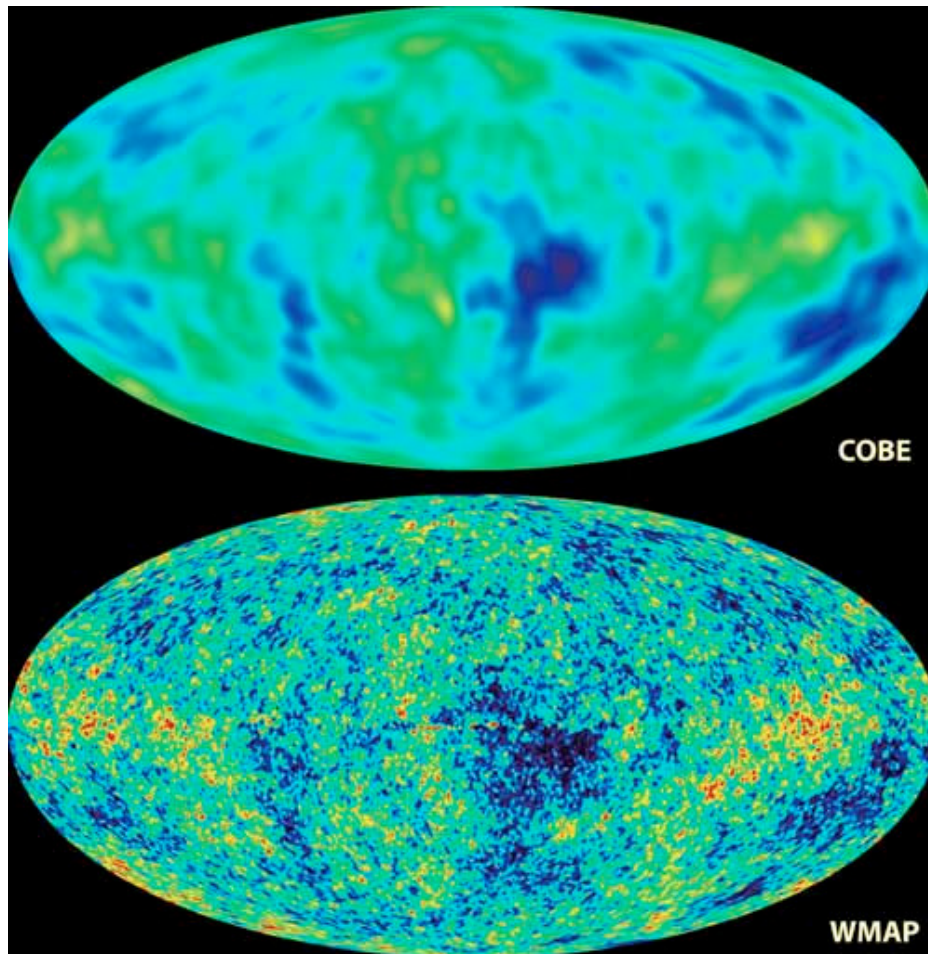




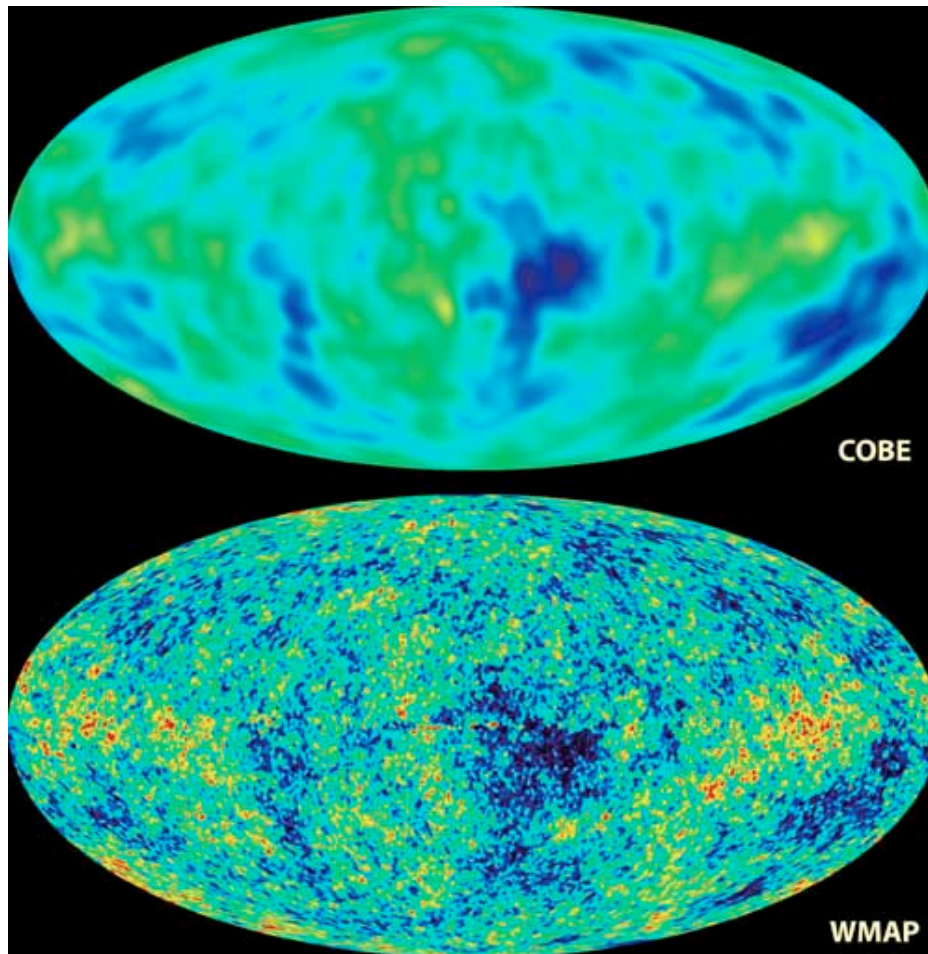


a háttérsugárzás fluktuációja  
a COBE (1990) és a WMAP (2000)  
szonda mérései alapján





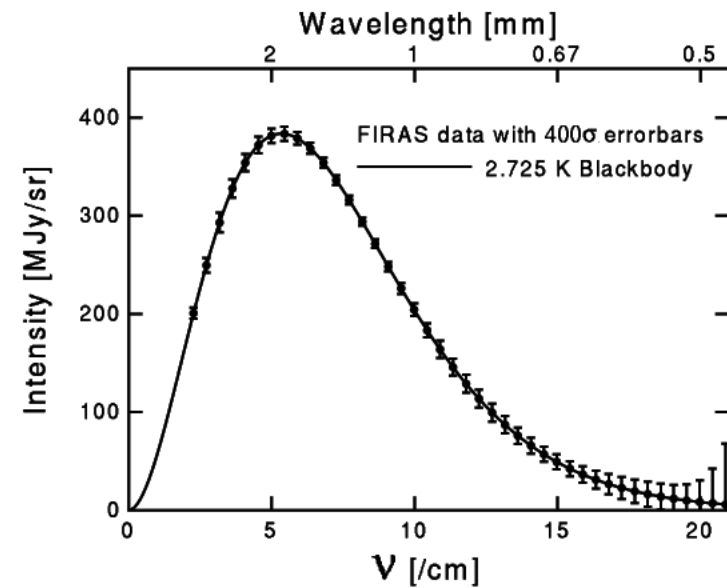
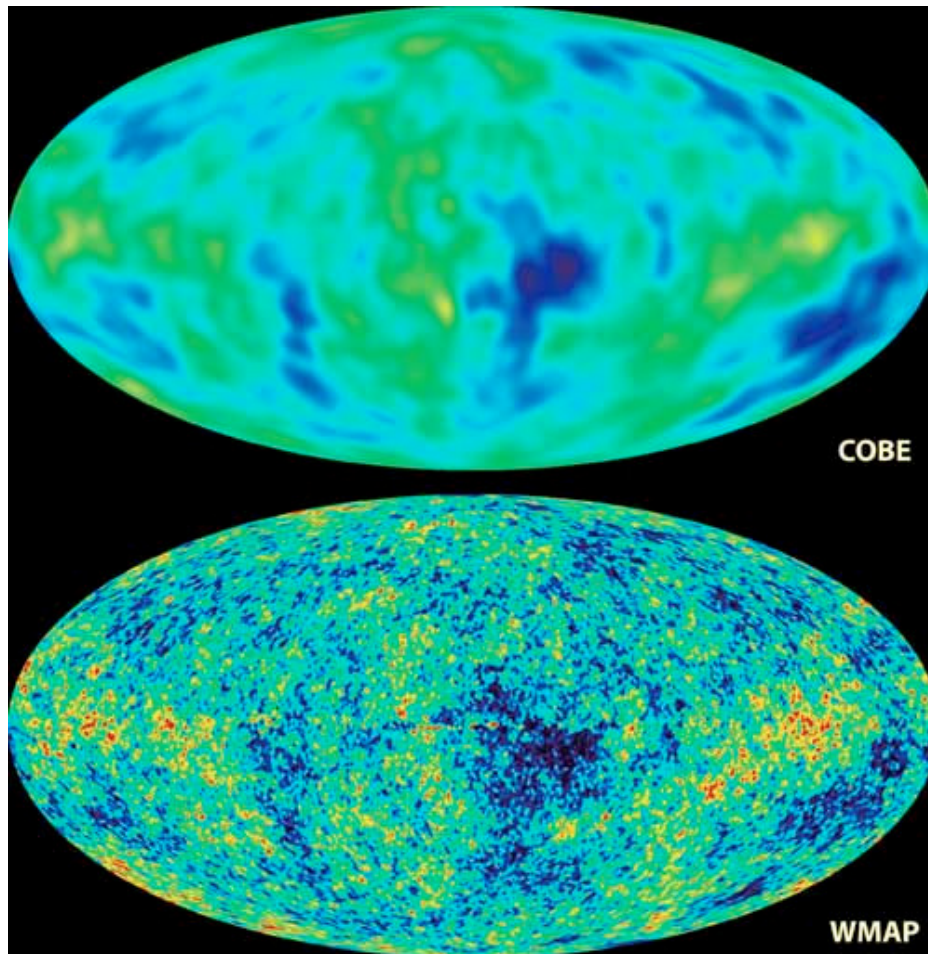
a háttérsugárzás fluktuációja  
a COBE (1990) és a WMAP (2000)  
szonda mérései alapján  
(Fizikai Nobel-díj 2006)



a háttérsugárzás fluktuációja  
a COBE (1990) és a WMAP (2000)  
szonda mérései alapján  
(Fizikai Nobel-díj 2006)

$$\Delta T/T = 10^{-5}$$



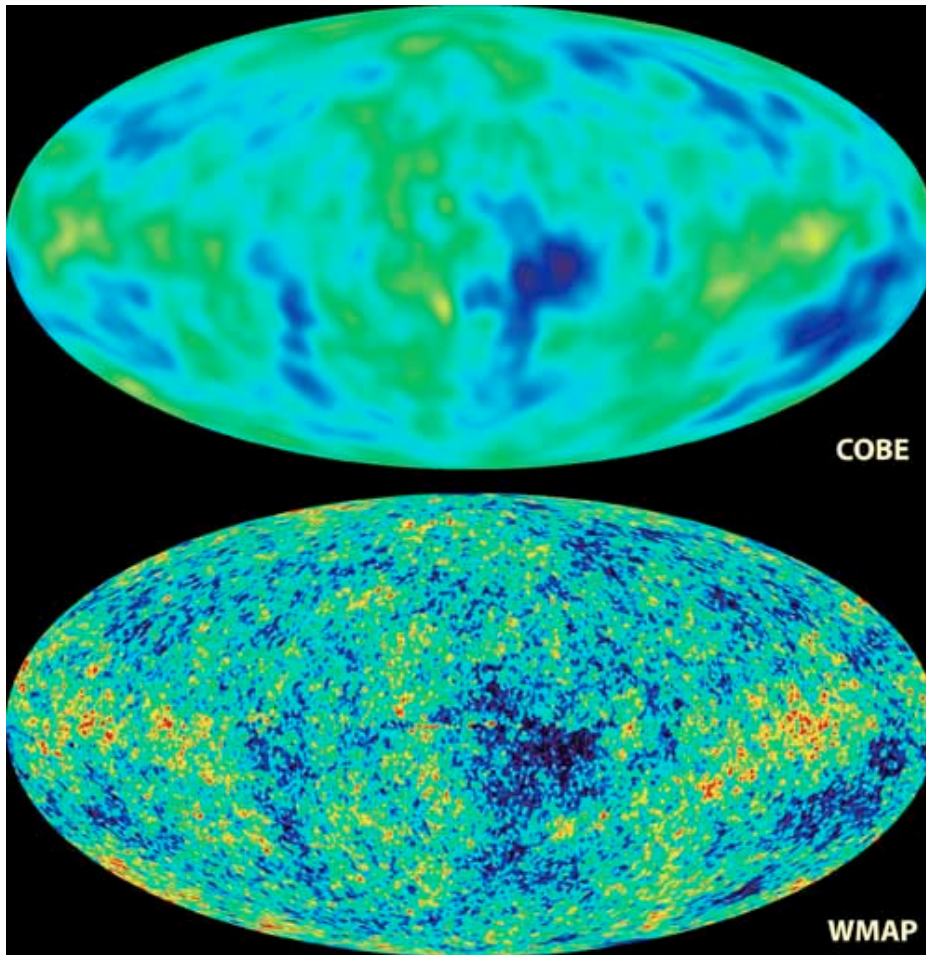


a legtökéletesebb  
Planck-görbe

a háttérsugárzás fluktuációja  
a COBE (1990) és a WMAP (2000)  
szonda mérései alapján  
(Fizikai Nobel-díj 2006)

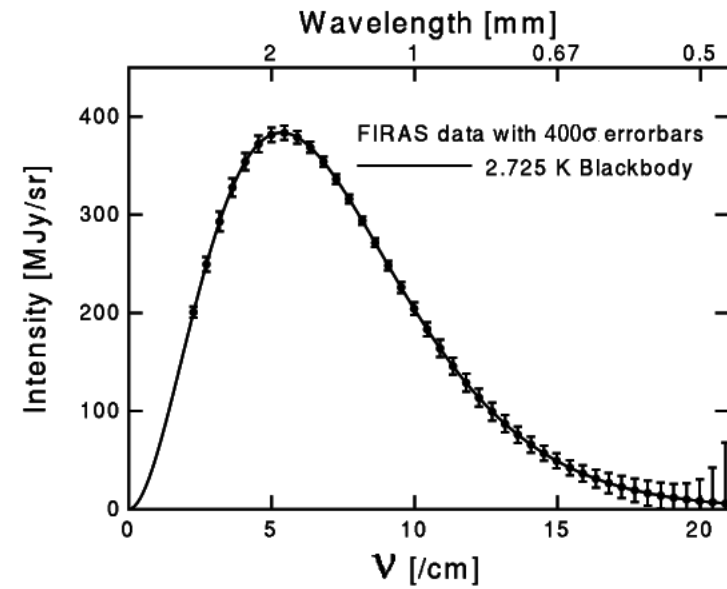
$$\Delta T/T = 10^{-5}$$





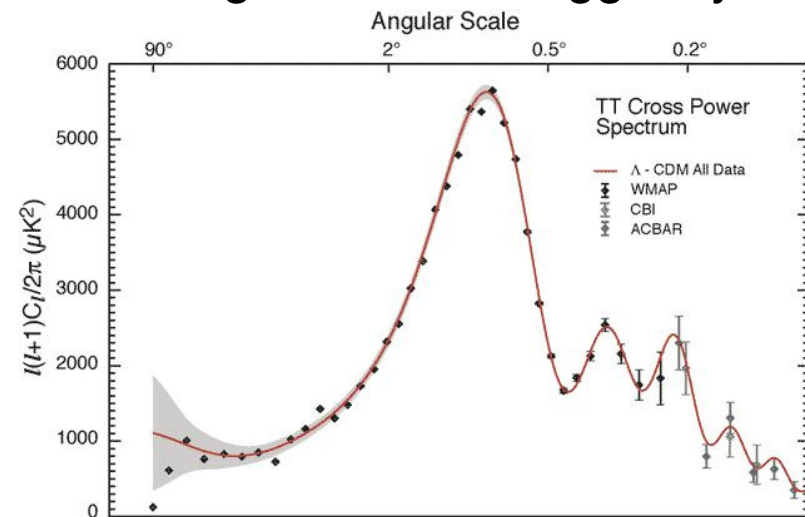
a háttérsugárzás fluktuációja  
 a COBE (1990) és a WMAP (2000)  
 szonda mérései alapján  
 (Fizikai Nobel-díj 2006)

$$\Delta T/T = 10^{-5}$$

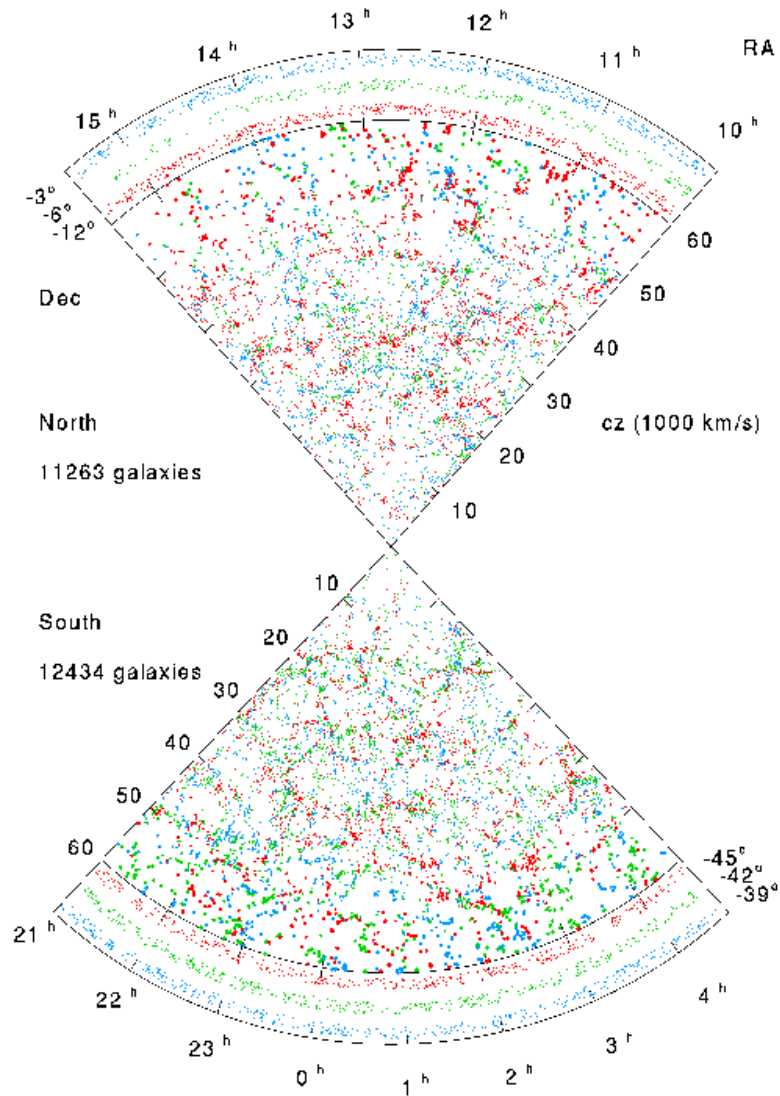


a legtökéletesebb  
 Planck-görbe

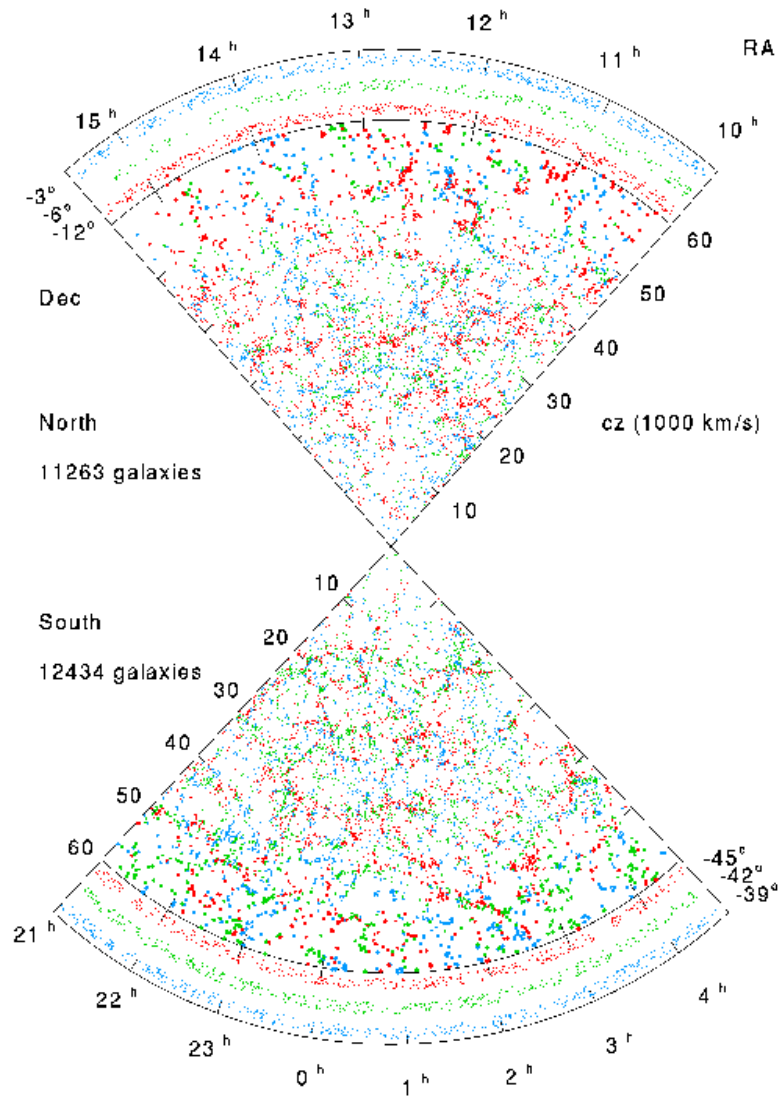
a fluktuációk számított és mért  
 szögkorrelációs függvényei



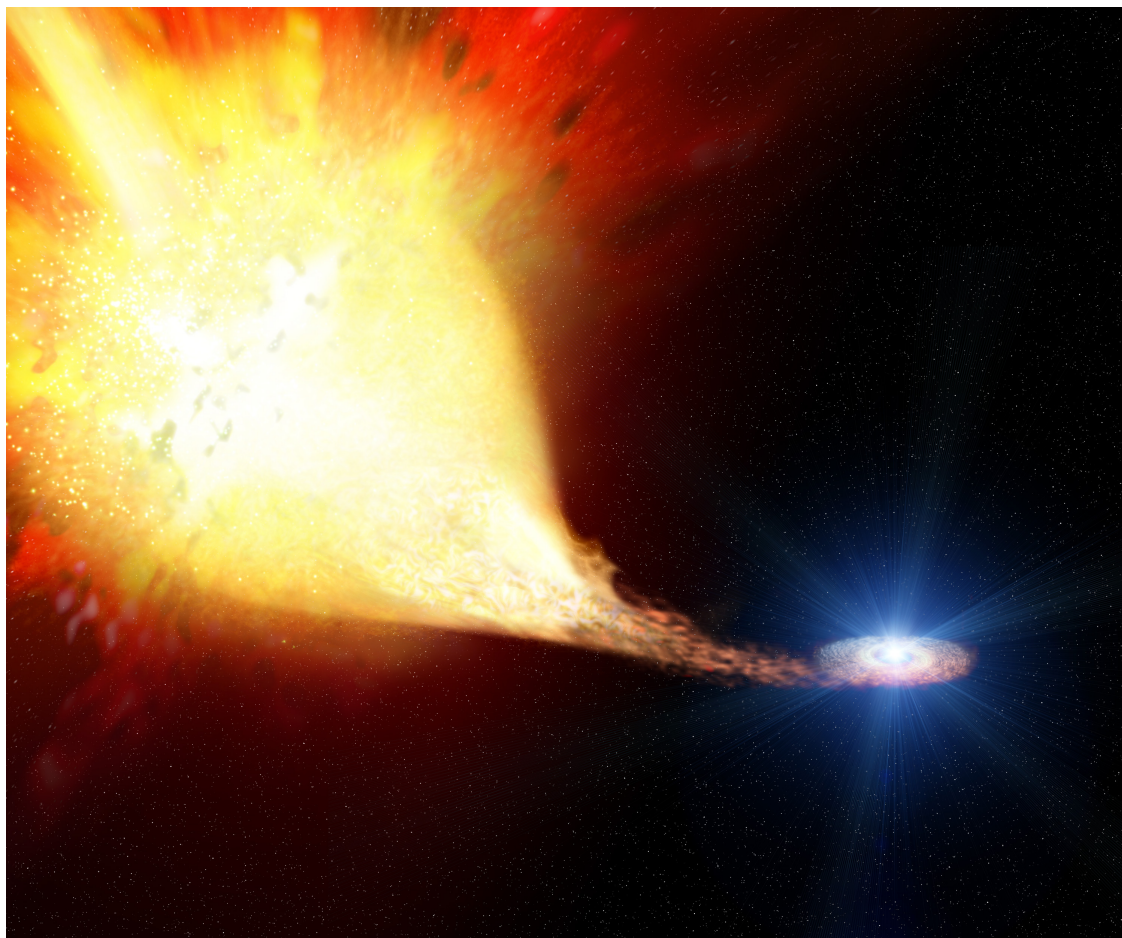
## galaxiseloszlás a Sloan Digital Sky Survey alapján



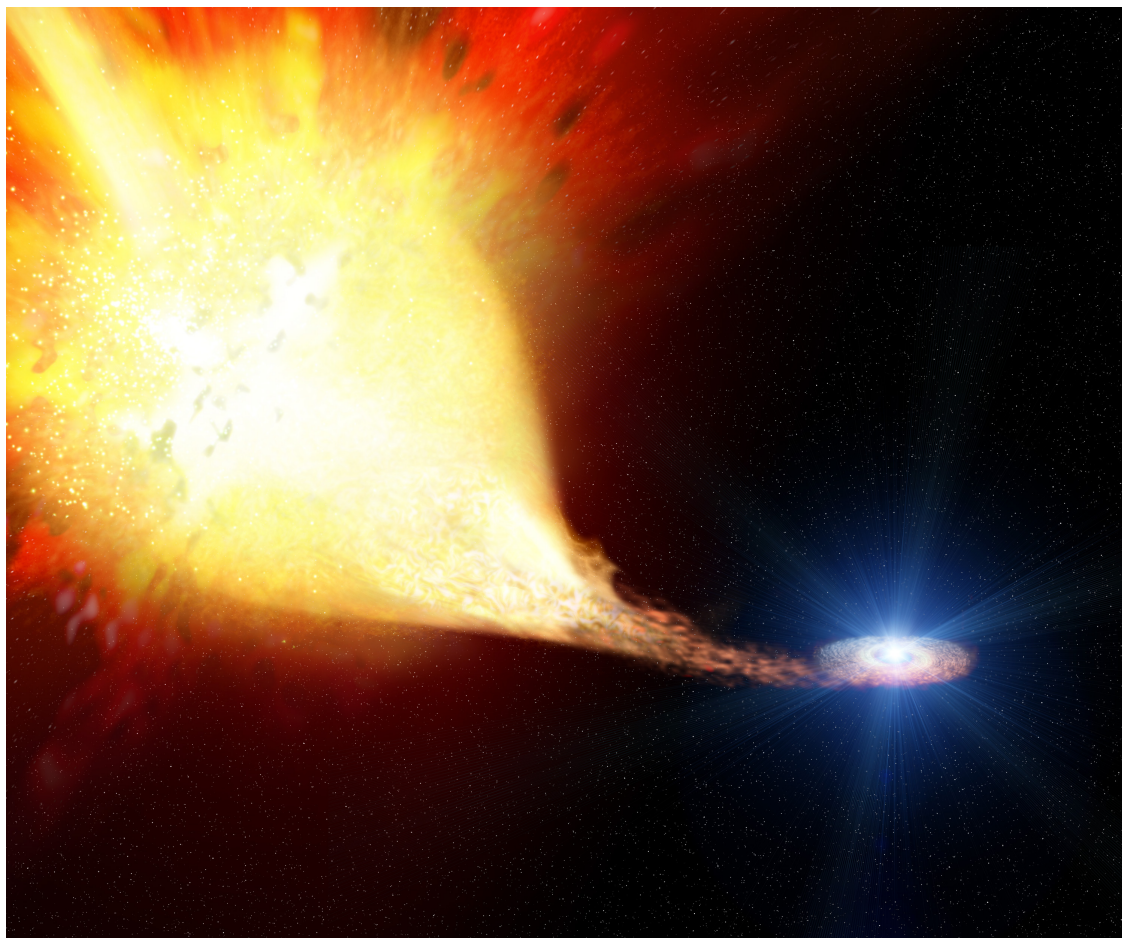
galaxiseloszlás a Sloan Digital  
Sky Survey alapján  
(egyik vezetője Szalay A. Sándor)





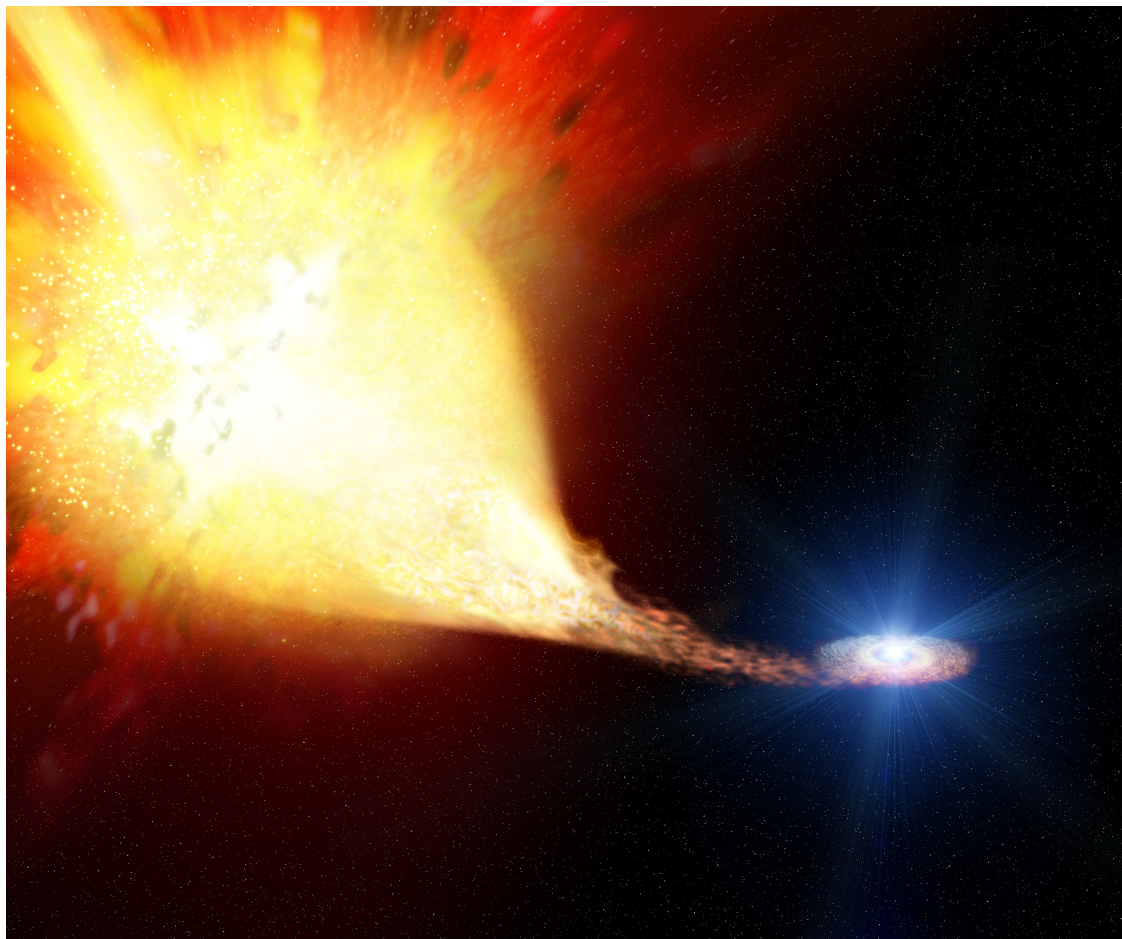


## SN-Ia típusú szupernova kialakulása



„standard gyertya”:

SN-Ia típusú szupernova kialakulása

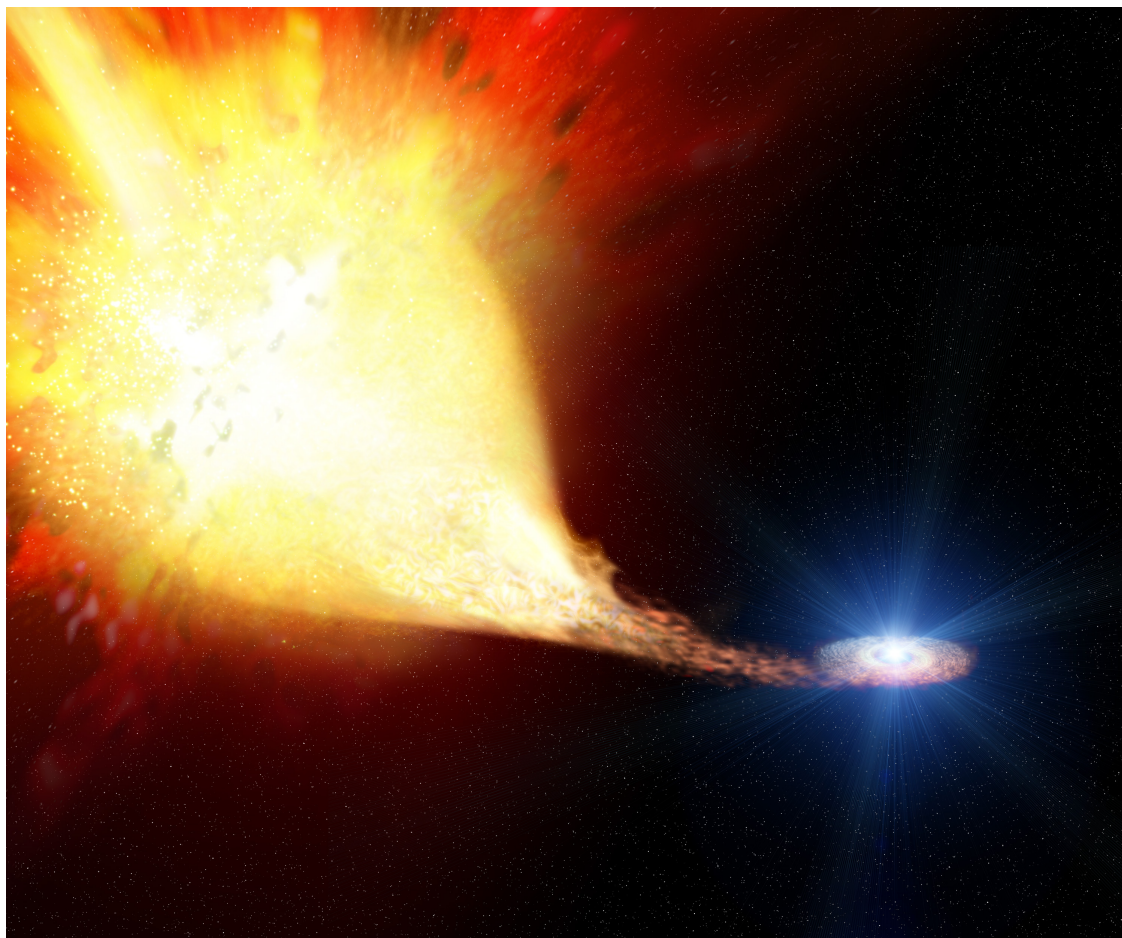


„standard gyertya”:

fix fényesség

SN-Ia típusú szupernova kialakulása





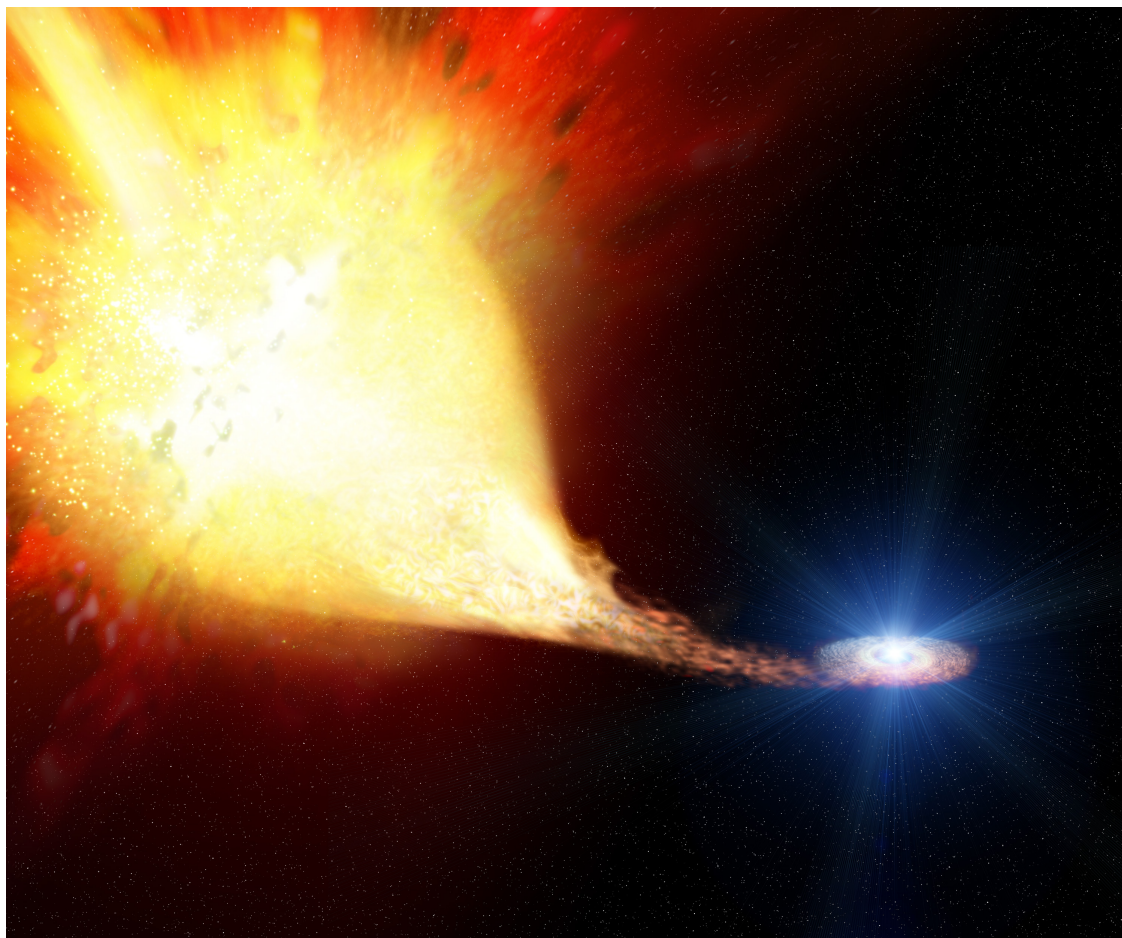
SN-Ia típusú szupernova kialakulása

„standard gyertya”:

fix fényesség

a halványulás  
kimérhetővé teszi a  
tágulás forgatókönyvét





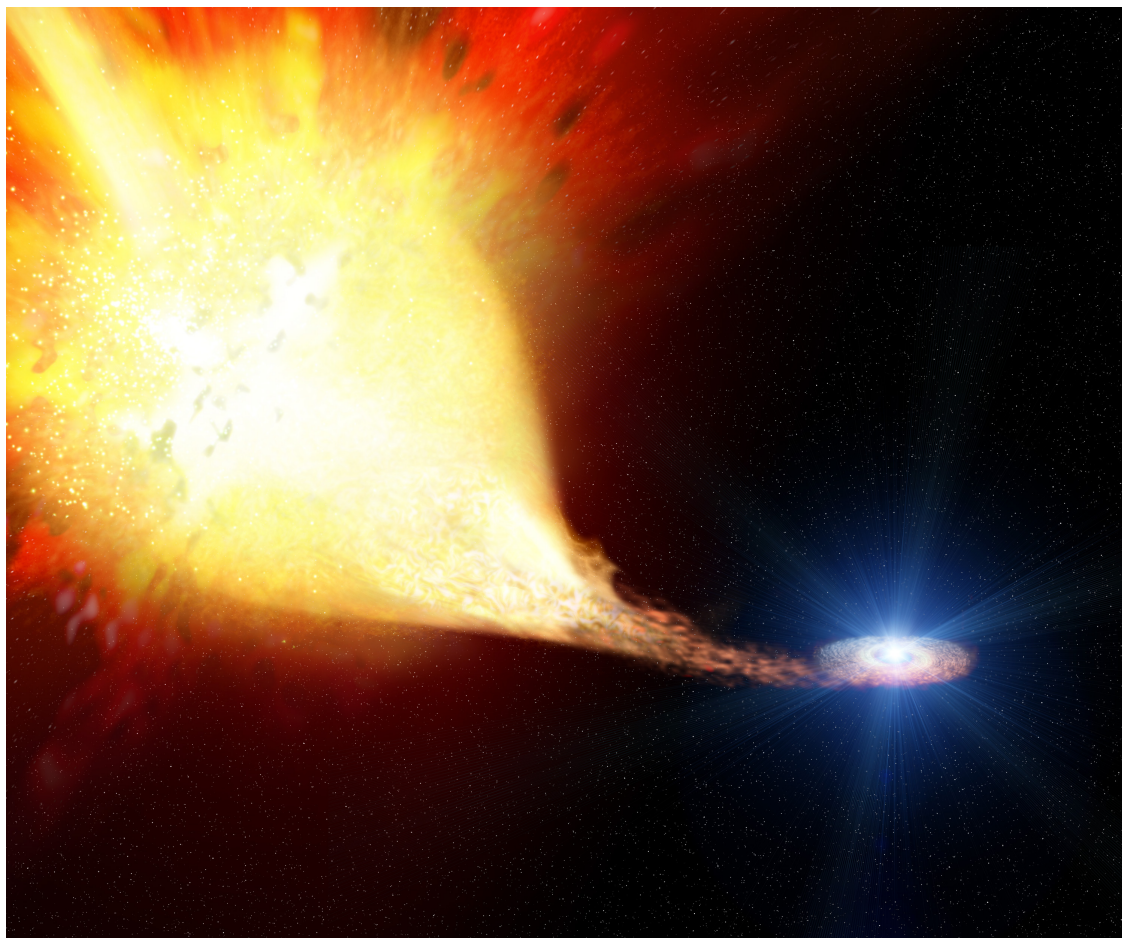
„standard gyertya”:

fix fényesség

a halványulás  
kimérhetővé teszi a  
tágulás forgatókönyvét

42 db

SN-Ia típusú szupernova kialakulása



„standard gyertya”:

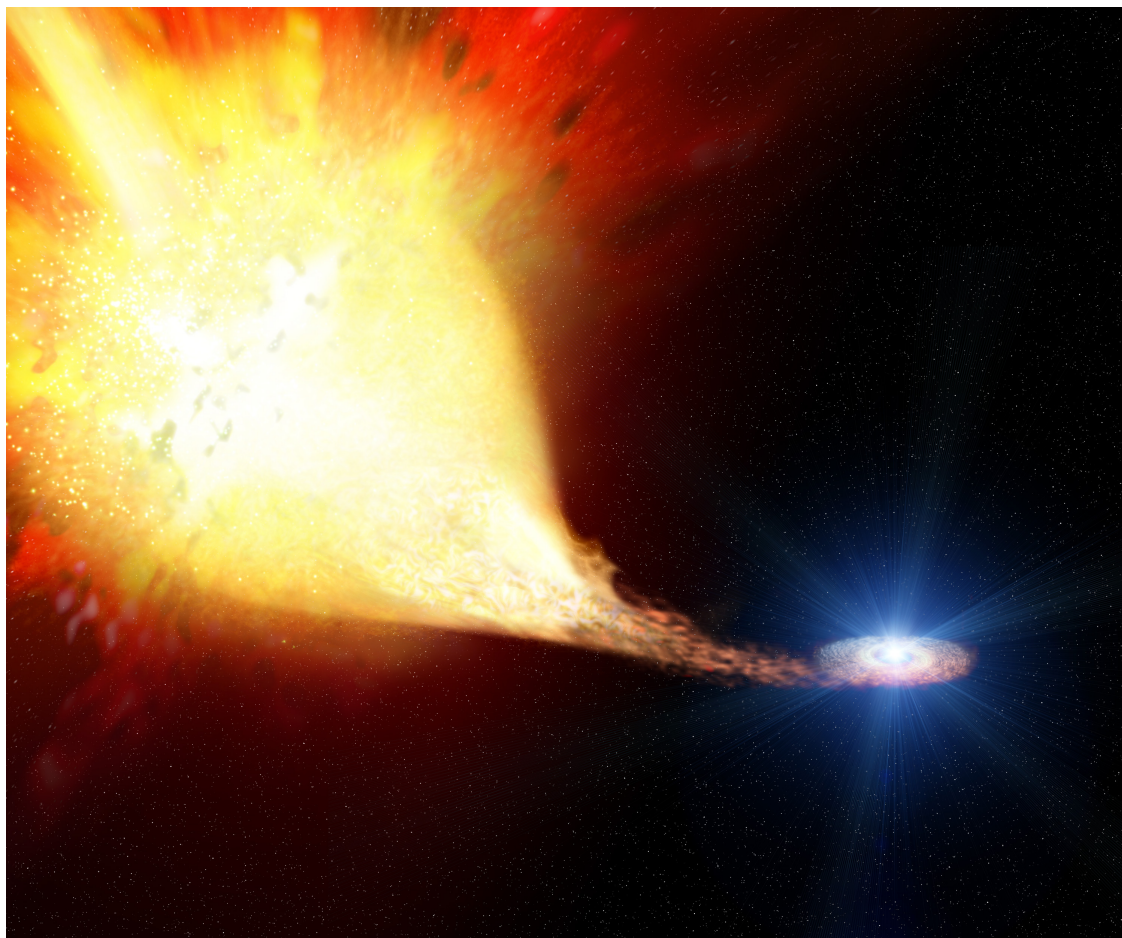
fix fényesség

a halványulás  
kimérhetővé teszi a  
tágulás forgatókönyvét

42 db (naná)

SN-Ia típusú szupernova kialakulása





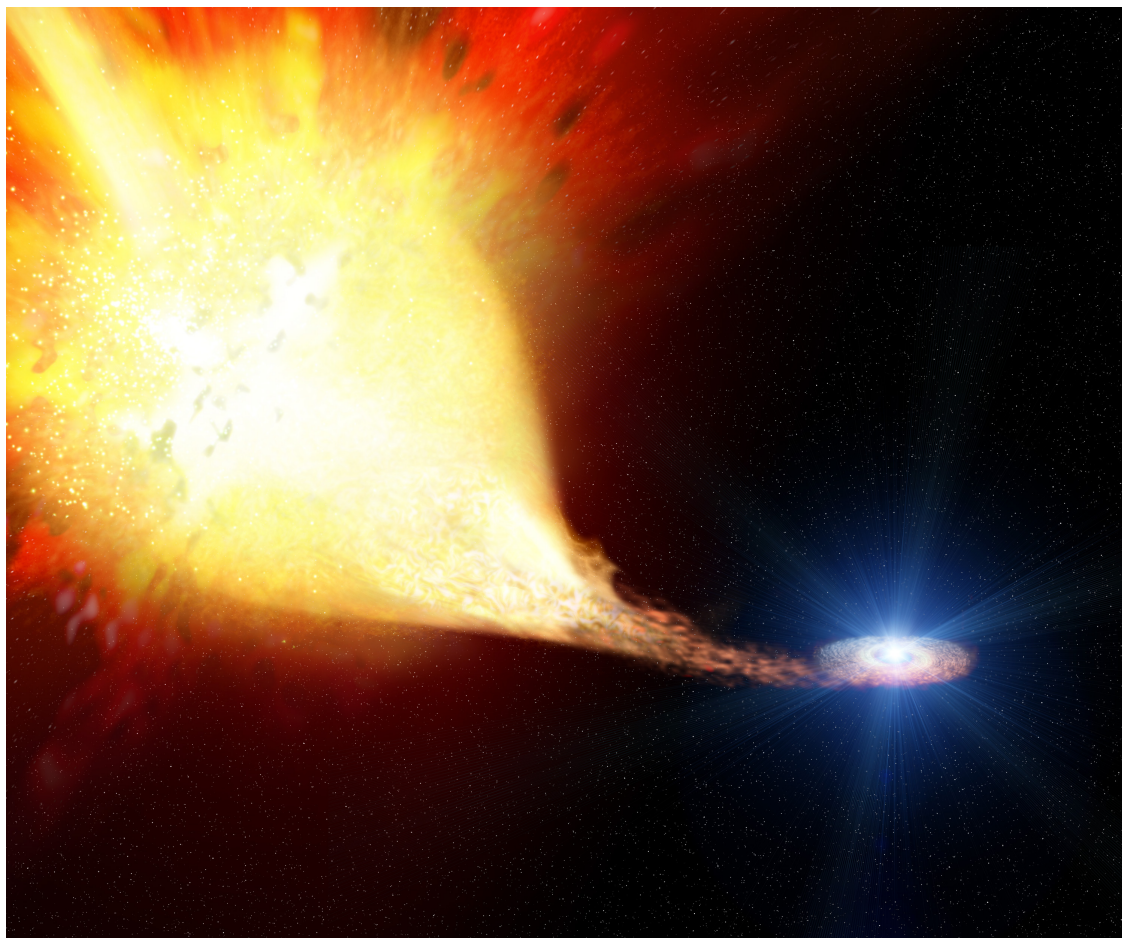
„standard gyertya”:

fix fényesség

a halványulás  
kimérhetővé teszi a  
tágulás forgatókönyvét

42 db (naná) SN-Ia  
szupernova alapján:

SN-Ia típusú szupernova kialakulása



SN-Ia típusú szupernova kialakulása

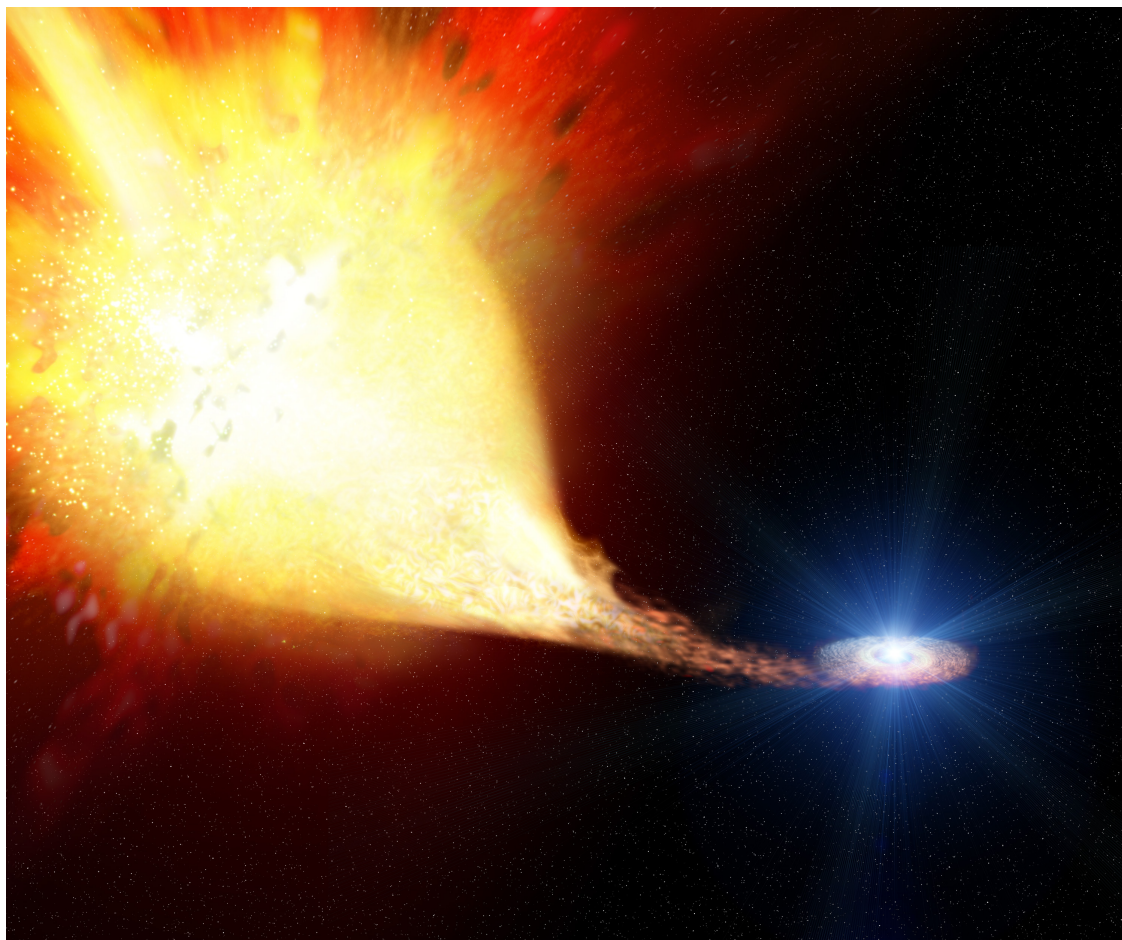
„standard gyertya”:

fix fényesség

a halványulás  
kimérhetővé teszi a  
tágulás forgatókönyvét

42 db (naná) SN-Ia  
szupernova alapján:  
meglepetés a 90-es  
évek közepén:





SN-Ia típusú szupernova kialakulása

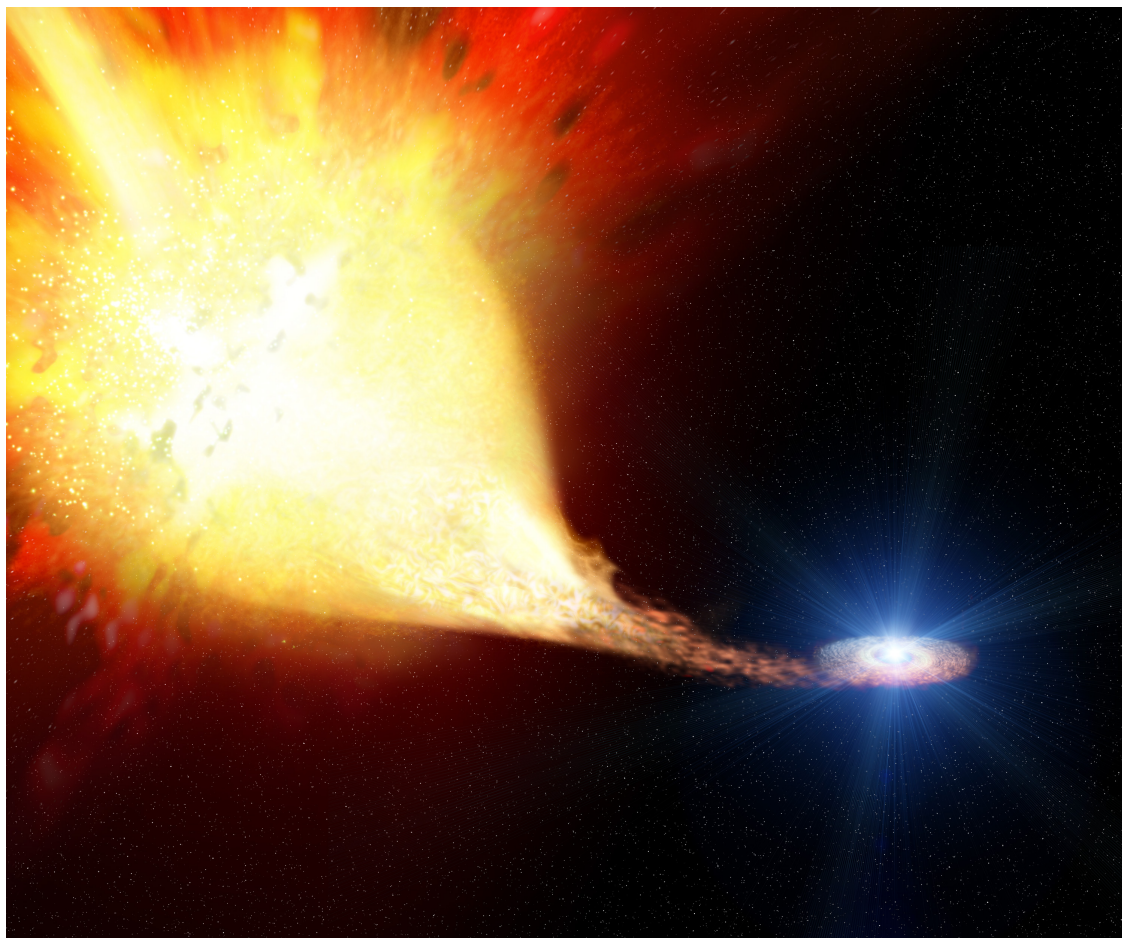
„standard gyertya”:

fix fényesség

a halványulás  
kimérhetővé teszi a  
tágulás forgatókönyvét

42 db (naná) SN-Ia  
szupernova alapján:  
meglepetés a 90-es  
évek közepén:

**az Univerzum  
gyorsulva tágul!**



SN-Ia típusú szupernova kialakulása

valami széttaszítja:

„standard gyertya”:

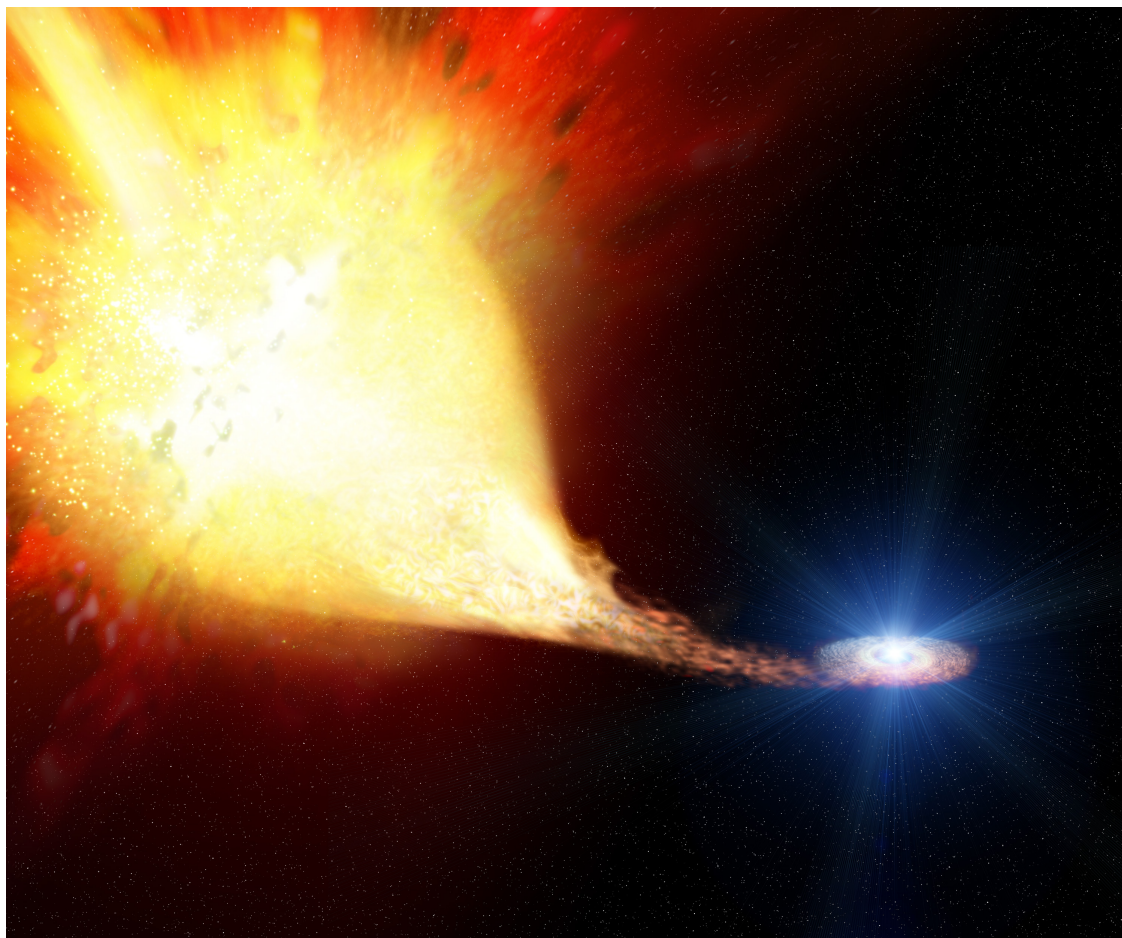
fix fényesség

a halványulás  
kimérhetővé teszi a  
tágulás forgatókönyvét

42 db (naná) SN-Ia  
szupernova alapján:  
meglepetés a 90-es  
évek közepén:

**az Univerzum  
gyorsulva tágul!**





SN-Ia típusú szupernova kialakulása

valami széttaszítja: **antigravitálja:**

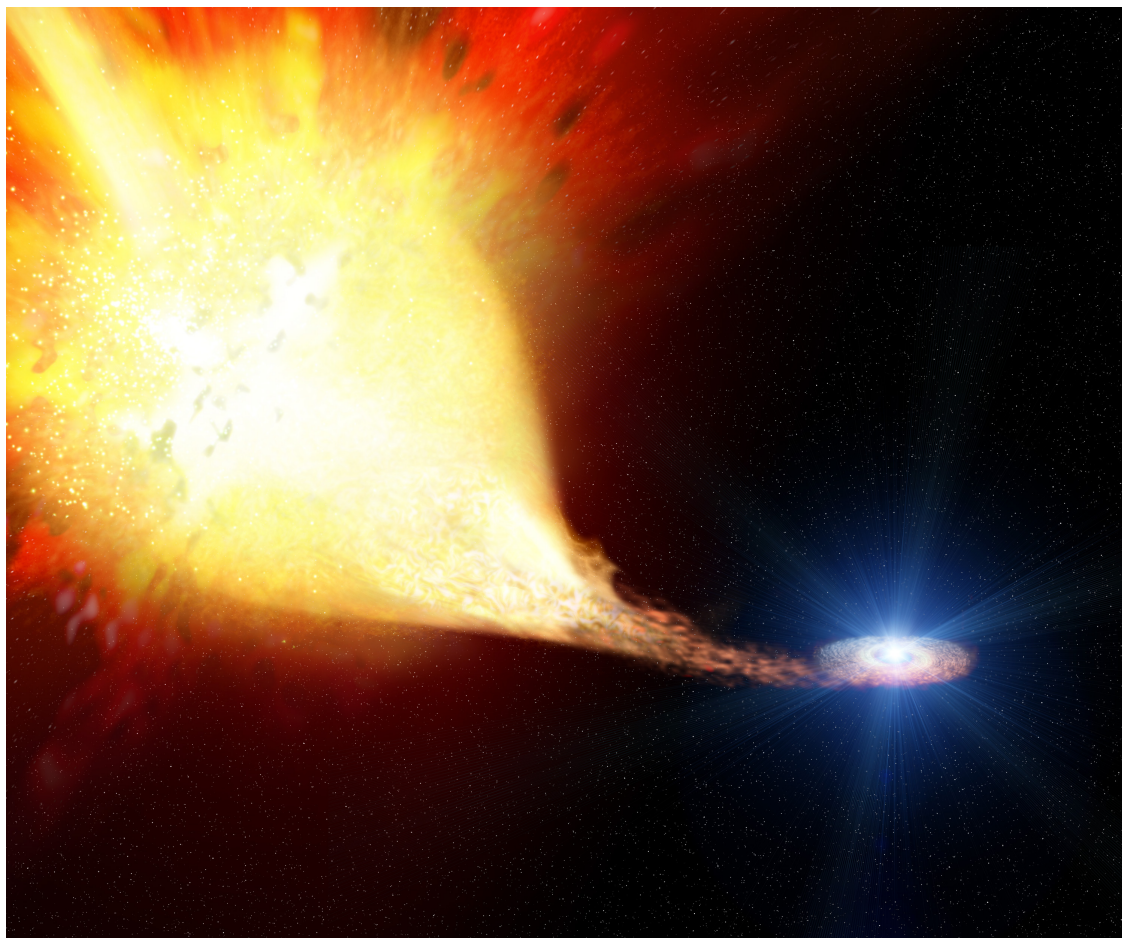
„standard gyertya”:

fix fényesség

a halványulás  
kimérhetővé teszi a  
tágulás forgatókönyvét

42 db (naná) SN-Ia  
szupernova alapján:  
meglepetés a 90-es  
évek közepén:

**az Univerzum  
gyorsulva tágul!**



SN-Ia típusú szupernova kialakulása

„standard gyertya”:

fix fényesség

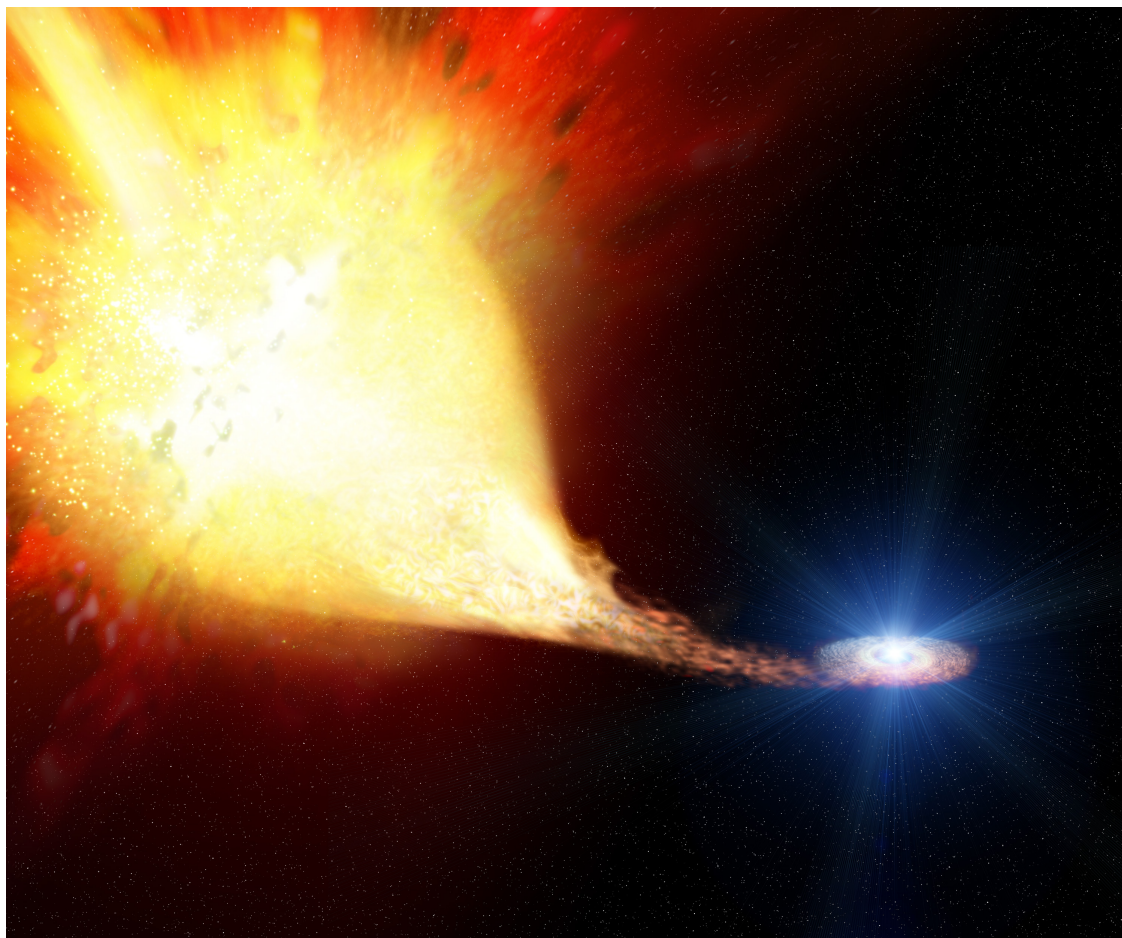
a halványulás  
kimérhetővé teszi a  
tágulás forgatókönyvét

42 db (naná) SN-Ia  
szupernova alapján:  
meglepetés a 90-es  
évek közepén:

**az Univerzum  
gyorsulva tágul!**

valami széttaszítja: **antigravitálja**: ez a **Sötét energia**





SN-Ia típusú szupernova kialakulása

„standard gyertya”:

fix fényesség

a halványulás  
kimérhetővé teszi a  
tágulás forgatókönyvét

42 db (naná) SN-Ia  
szupernova alapján:  
meglepetés a 90-es  
évek közepén:

**az Univerzum  
gyorsulva tágul!**

valami széttaszítja: **antigravitálja**: ez a **Sötét energia** vagy **kvintesszencia**

# Precíziós kozmológia: 1990-2010:



# Precíziós kozmológia: 1990-2010:

1 % pontosságú mérések a kozmológiai paraméterekre



# Precíziós kozmológia: 1990-2010:

1 % pontosságú mérések a kozmológiai paraméterekre

(korábban 100 % volt a hiba...)



# Precíziós kozmológia: 1990-2010:

1 % pontosságú mérések a kozmológiai paraméterekre

(korábban 100 % volt a hiba...)

Eredmények:



# Precíziós kozmológia: 1990-2010:

1 % pontosságú mérések a kozmológiai paraméterekre

(korábban 100 % volt a hiba...)

Eredmények: az Univerzum kora (13,7 milliárd év)



# Precíziós kozmológia: 1990-2010:

1 % pontosságú mérések a kozmológiai paraméterekre

(korábban 100 % volt a hiba...)

Eredmények: az Univerzum kora (13,7 milliárd év)

története (a tágulás forgatókönyve)



# Precíziós kozmológia: 1990-2010:

1 % pontosságú mérések a kozmológiai paraméterekre

(korábban 100 % volt a hiba...)

Eredmények: az Univerzum kora (13,7 milliárd év)

története (a tágulás forgatókönyve)

geometriája





# Precíziós kozmológia: 1990-2010:

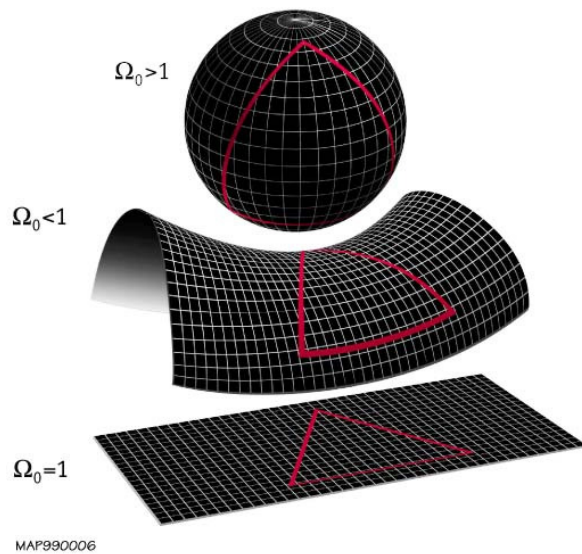
1 % pontosságú mérések a kozmológiai paraméterekre

(korábban 100 % volt a hiba...)

Eredmények: az Univerzum kora (13,7 milliárd év)

története (a tágulás forgatókönyve)

geometriája



# Precíziós kozmológia: 1990-2010:

1 % pontosságú mérések a kozmológiai paraméterekre

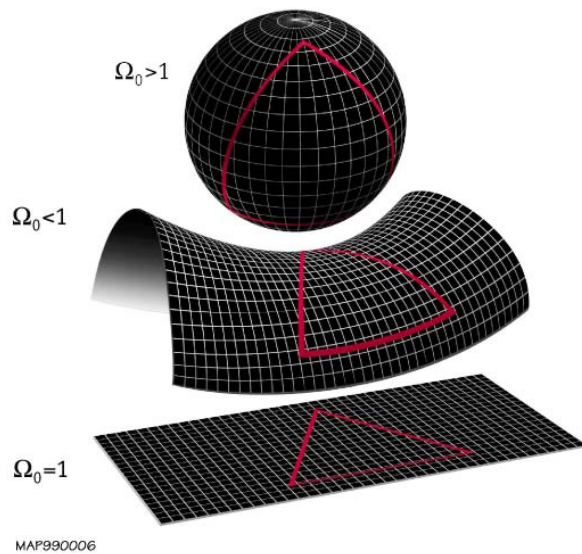
(korábban 100 % volt a hiba...)

Eredmények: az Univerzum kora (13,7 milliárd év)

története (a tágulás forgatókönyve)

geometriája

anyagi összetétele



# Precíziós kozmológia: 1990-2010:

1 % pontosságú mérések a kozmológiai paraméterekre

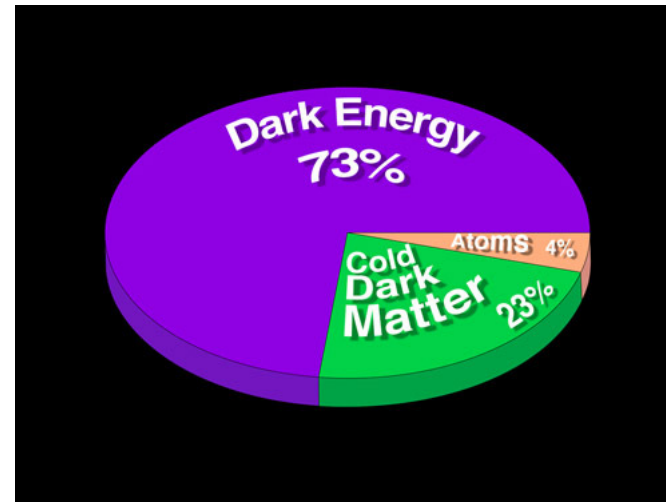
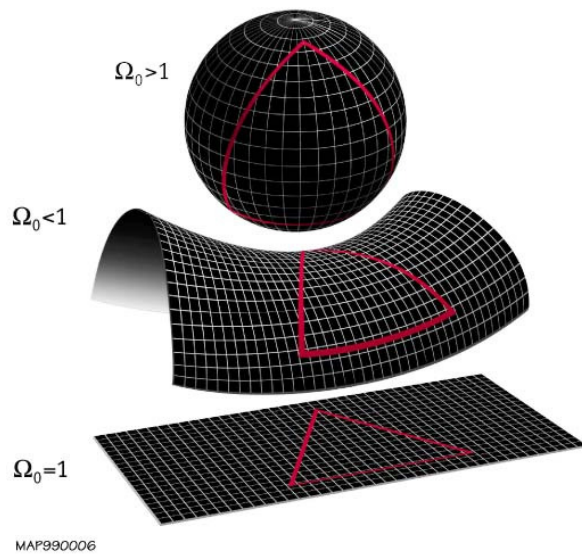
(korábban 100 % volt a hiba...)

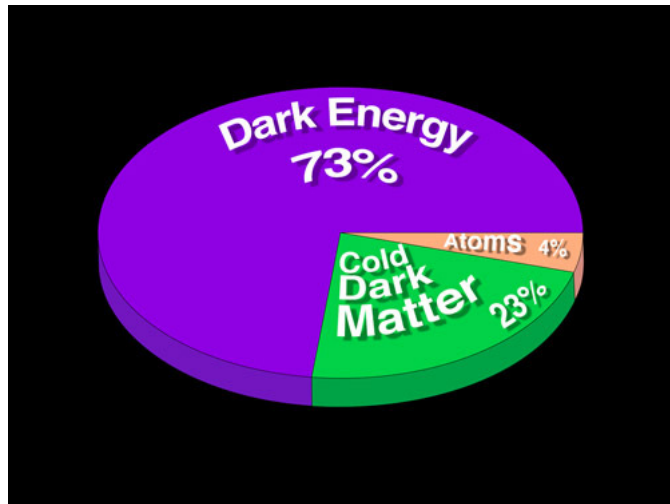
Eredmények: az Univerzum kora (13,7 milliárd év)

története (a tágulás forgatókönyve)

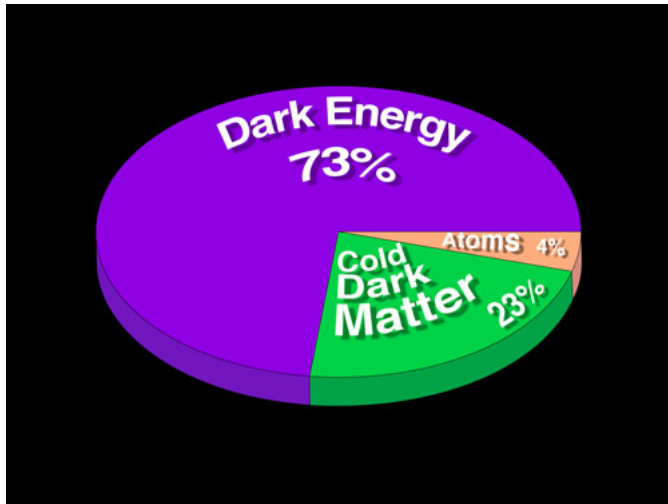
geometriája

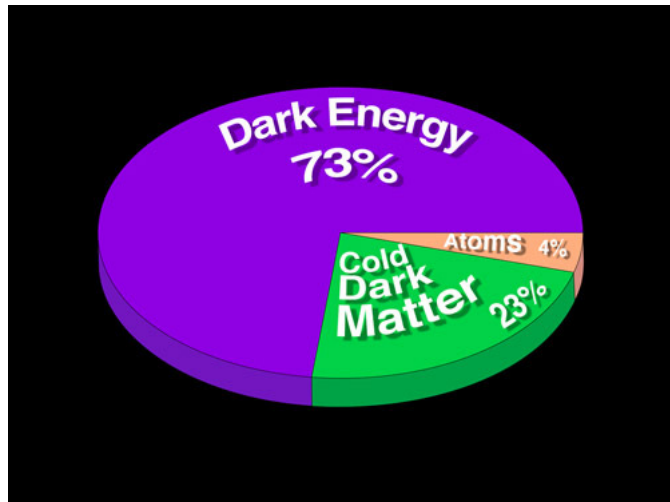
anyagi összetétele





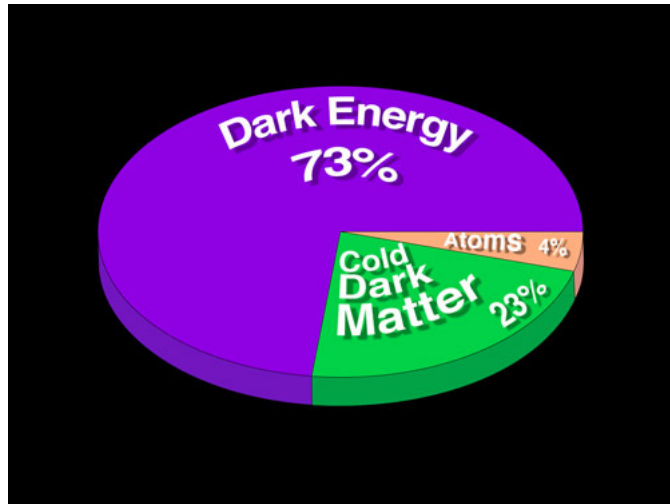
Tehát az Univerzum anyagának





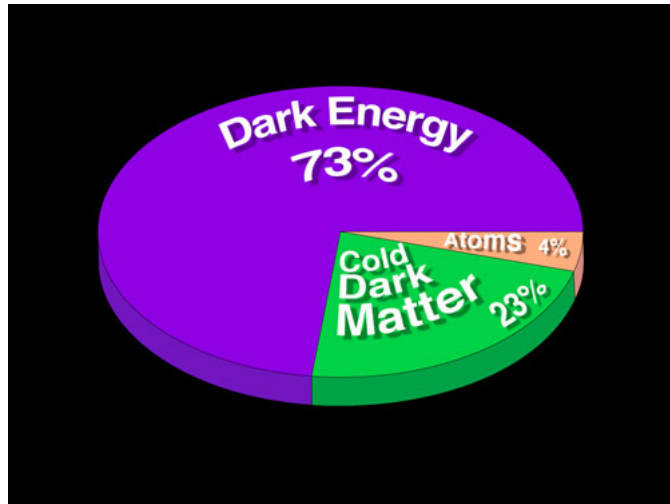
Tehát az Univerzum anyagának

73 %-a sötét energia



## Tehát az Univerzum anyagának

73 %-a **sötét energia** (kvintesszencia, inflaton)

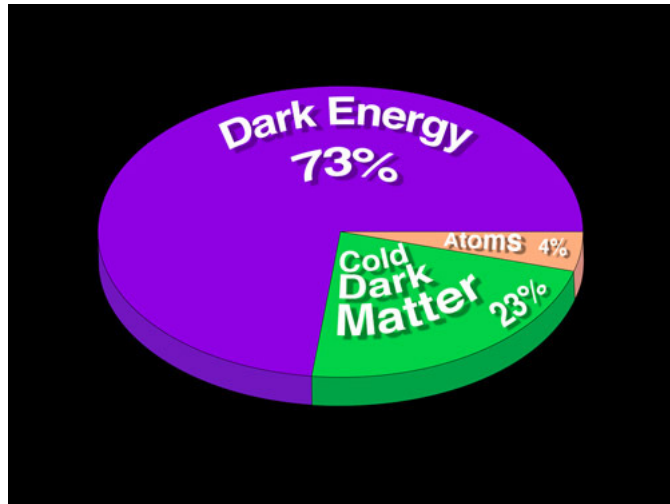


## Tehát az Univerzum anyagának

73 %-a **sötét energia** (kvintesszencia, inflaton)

23 %-a **sötét anyag**

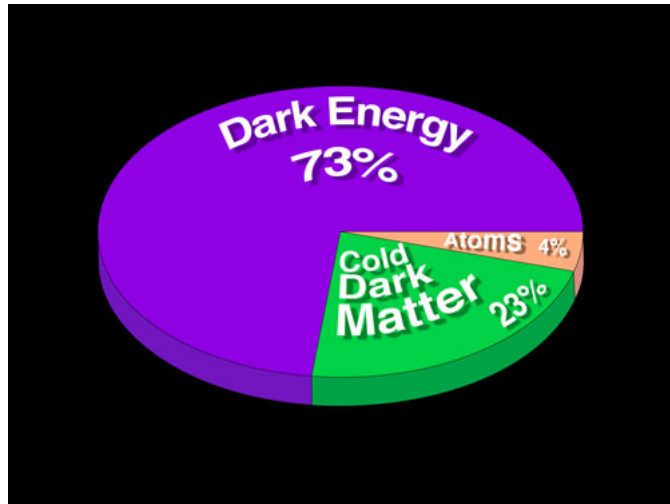




## Tehát az Univerzum anyagának

73 %-a **sötét energia** (kvintesszencia, inflaton)

23 %-a **sötét anyag** (WIMP, fekete lyuk, stb.)

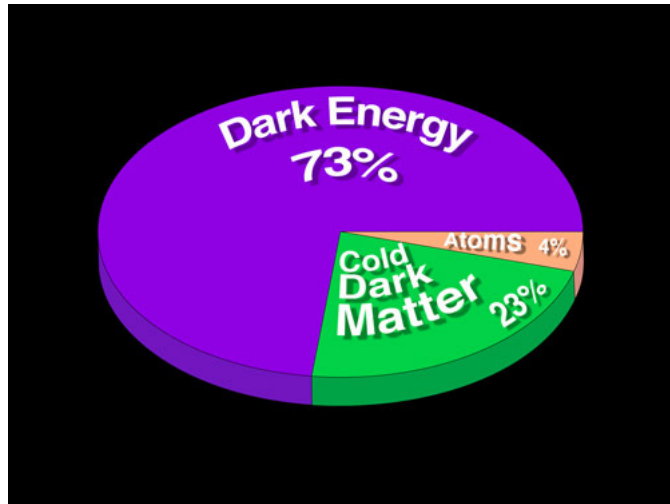


## Tehát az Univerzum anyagának

73 %-a **sötét energia** (kvintesszencia, inflaton)

23 %-a **sötét anyag** (WIMP, fekete lyuk, stb.)

4 %-a **atomos anyag**



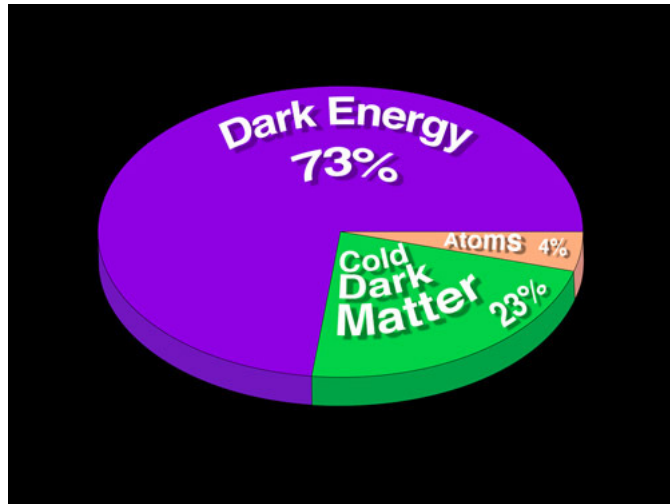
## Tehát az Univerzum anyagának

73 %-a **sötét energia** (kvintesszencia, inflaton)

23 %-a **sötét anyag** (WIMP, fekete lyuk, stb.)

4 %-a **atomos anyag**

de az **atomos anyag** 99 %-a



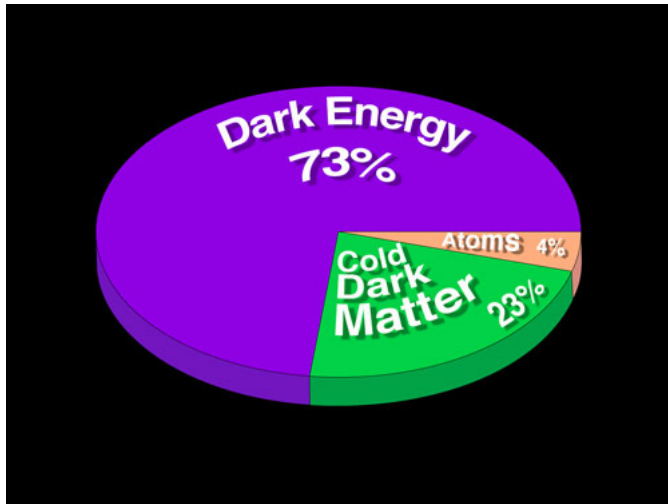
## Tehát az Univerzum anyagának

73 %-a **sötét energia** (kvintesszencia, inflaton)

23 %-a **sötét anyag** (WIMP, fekete lyuk, stb.)

4 %-a **atomos anyag**

de az **atomos anyag** 99 %-a **plazma**



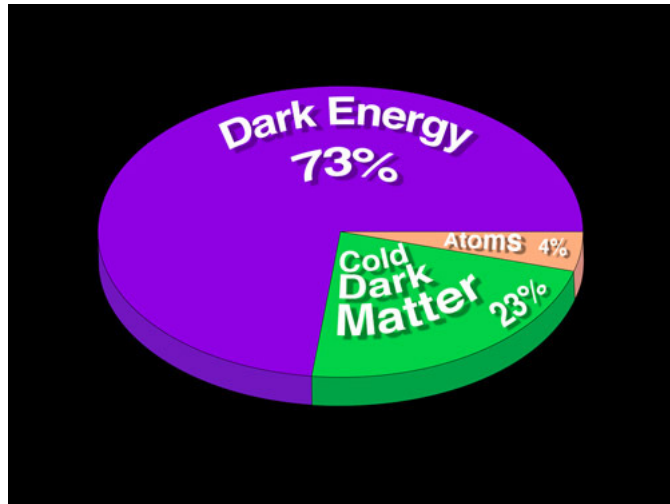
## Tehát az Univerzum anyagának

73 %-a **sötét energia** (kvintesszencia, inflaton)

23 %-a **sötét anyag** (WIMP, fekete lyuk, stb.)

4 %-a **atomos anyag**

de az **atomos anyag** 99 %-a **plazma**  csillagközi



## Tehát az Univerzum anyagának

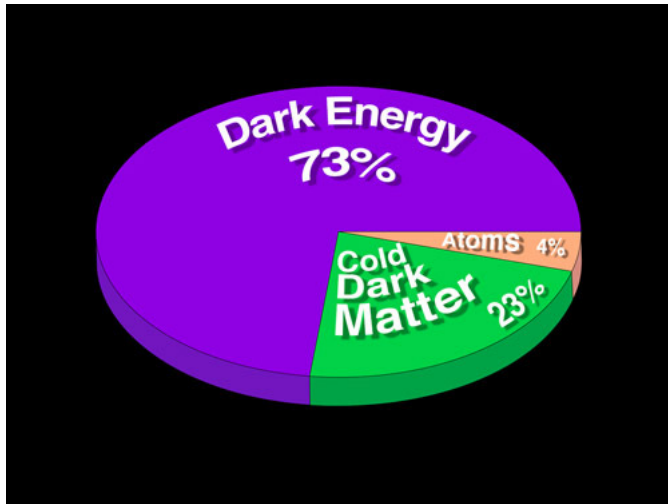
73 %-a **sötét energia** (kvintesszencia, inflaton)

23 %-a **sötét anyag** (WIMP, fekete lyuk, stb.)

4 %-a **atomos anyag**

de az **atomos anyag** 99 %-a **plazma** {

- csillagközi
- csillaganyag



## Tehát az Univerzum anyagának

73 %-a **sötét energia** (kvintesszencia, inflaton)

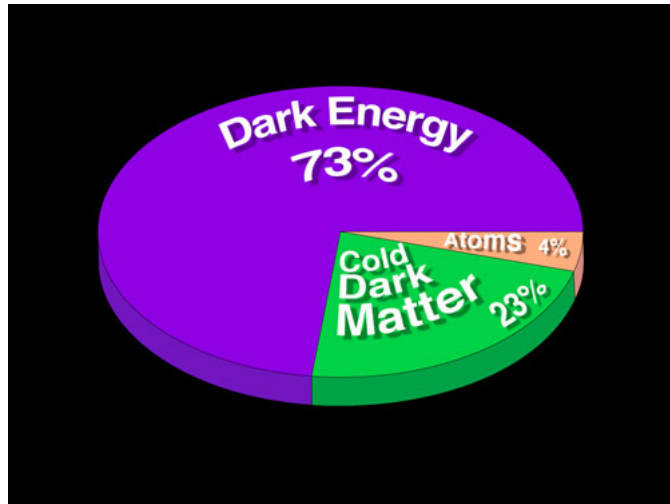
23 %-a **sötét anyag** (WIMP, fekete lyuk, stb.)

4 %-a **atomos anyag**

de az **atomos anyag** 99 %-a **plazma**  
a maradék 1 % **szilárd anyag**

csillagközi

csillaganyag



## Tehát az Univerzum anyagának

73 %-a **sötét energia** (kvintesszencia, inflaton)

23 %-a **sötét anyag** (WIMP, fekete lyuk, stb.)

4 %-a **atomos anyag**

de az **atomos anyag** 99 %-a **plazma**

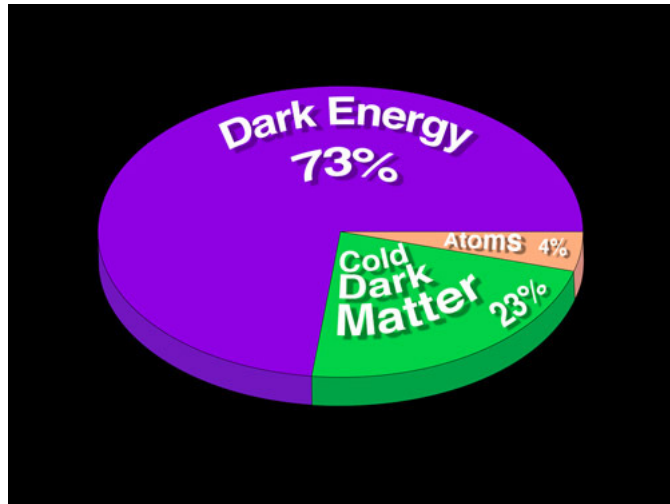
a maradék 1 % **szilárd anyag**

ennek nagy része **csillagközi por**

csillagközi

csillaganyag





## Tehát az Univerzum anyagának

73 %-a **sötét energia** (kvintesszencia, inflaton)

23 %-a **sötét anyag** (WIMP, fekete lyuk, stb.)

4 %-a **atomos anyag**

de az **atomos anyag** 99 %-a **plazma**

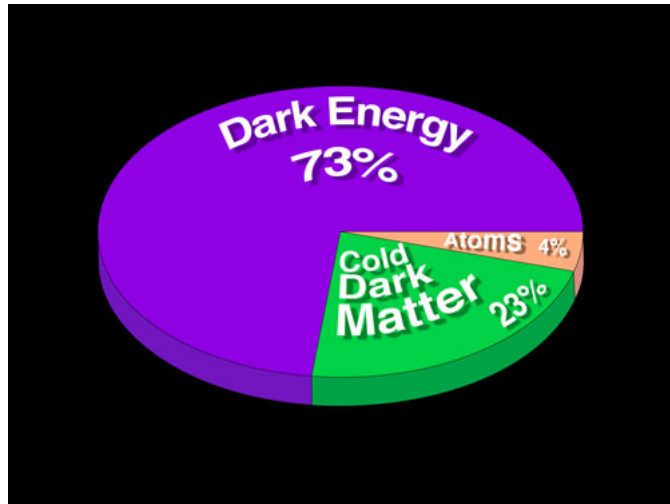
a maradék 1 % **szilárd anyag**

ennek nagy része **csillagközi por**

másik része **bolygóközi por**

csillagközi

csillaganyag



## Tehát az Univerzum anyagának

73 %-a **sötét energia** (kvintesszencia, inflaton)

23 %-a **sötét anyag** (WIMP, fekete lyuk, stb.)

4 %-a **atomos anyag**

de az **atomos anyag** 99 %-a **plazma**

a maradék 1 % **szilárd anyag**

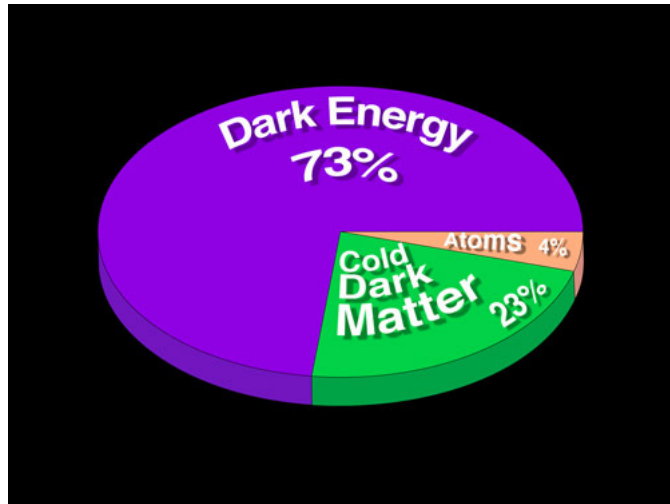
ennek nagy része **csillagközi por**

másik része **bolygóközi por**

kis része **bolygó**

csillagközi

csillaganyag



## Tehát az Univerzum anyagának

73 %-a **sötét energia** (kvintesszencia, inflaton)

23 %-a **sötét anyag** (WIMP, fekete lyuk, stb.)

4 %-a **atomos anyag**

de az **atomos anyag** 99 %-a **plazma**

a maradék 1 % **szilárd anyag**

ennek nagy része **csillagközi por**

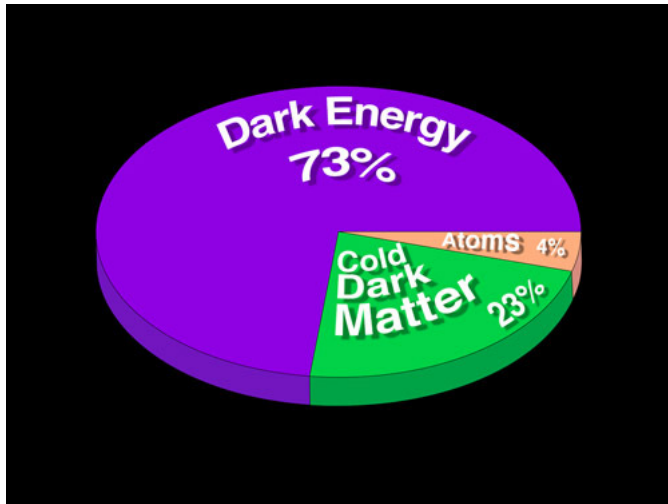
másik része **bolygóközi por**

kis része **bolygó**

a bolygók nagy része **mag és köpeny**

csillagközi

csillaganyag



## Tehát az Univerzum anyagának

73 %-a **sötét energia** (kvintesszencia, inflaton)

23 %-a **sötét anyag** (WIMP, fekete lyuk, stb.)

4 %-a **atomos anyag**

de az **atomos anyag** 99 %-a **plazma**

a maradék 1 % **szilárd anyag**

ennek nagy része **csillagközi por**

másik része **bolygóközi por**

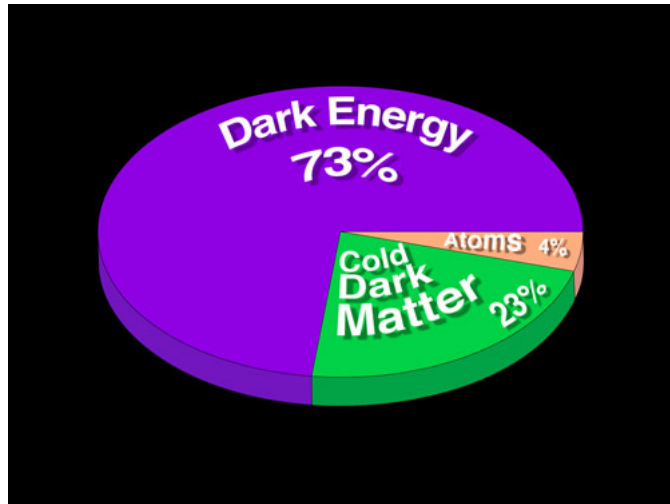
kis része **bolygó**

a bolygók nagy része **mag és köpeny**

igen kis része a **kéreg**

csillagközi

csillaganyag



## Tehát az Univerzum anyagának

73 %-a **sötét energia** (kvintesszencia, inflaton)

23 %-a **sötét anyag** (WIMP, fekete lyuk, stb.)

4 %-a **atomos anyag**

de az **atomos anyag** 99 %-a **plazma**

a maradék 1 % **szilárd anyag**

ennek nagy része **csillagközi por**

másik része **bolygóközi por**

kis része **bolygó**

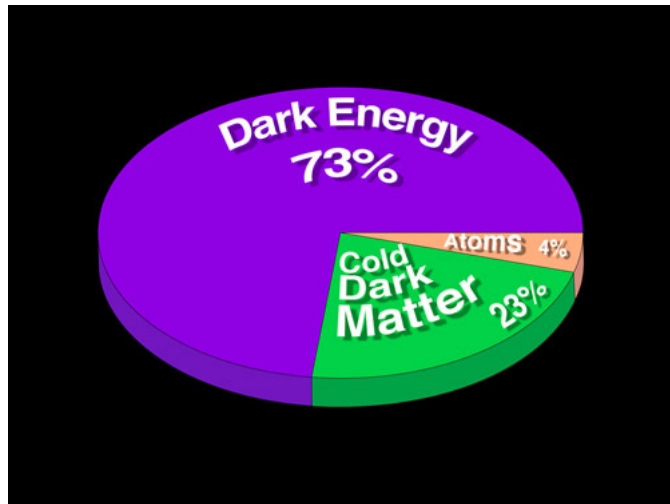
a bolygók nagy része **mag és köpeny**

igen kis része a **kéreg**

ennek jelentős része **meddő**

csillagközi

csillaganyag



## Tehát az Univerzum anyagának

73 %-a **sötét energia** (kvintesszencia, inflaton)

23 %-a **sötét anyag** (WIMP, fekete lyuk, stb.)

4 %-a **atomos anyag**

de az **atomos anyag** 99 %-a **plazma**

a maradék 1 % **szilárd anyag**

ennek nagy része **csillagközi por**

másik része **bolygóközi por**

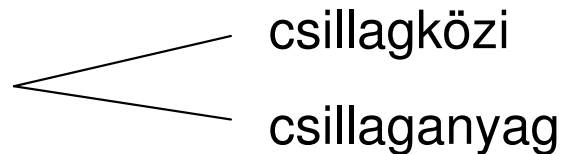
kis része **bolygó**

a bolygók nagy része **mag és köpeny**

igen kis része a **kéreg**

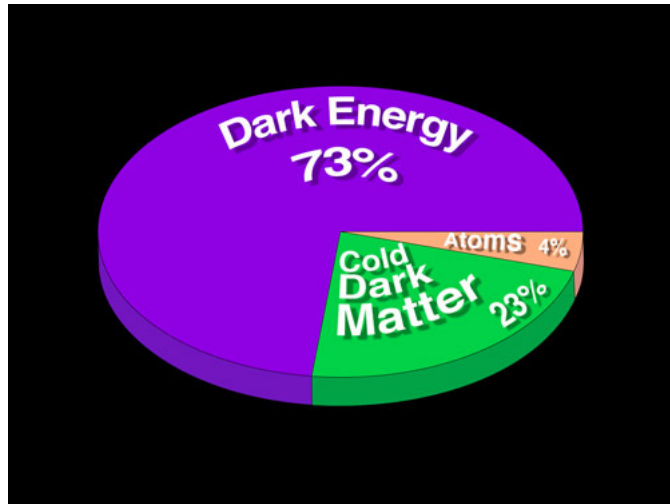
ennek jelentős része **meddő**

**a maradék anyagot hasznosítja az emberiség ☺**



csillagközi

csillaganyag



## Tehát az Univerzum anyagának

73 %-a **sötét energia** (kvintesszencia, inflaton)

23 %-a **sötét anyag** (WIMP, fekete lyuk, stb.)

4 %-a **atomos anyag**

de az **atomos anyag** 99 %-a **plazma**

a maradék 1 % **szilárd anyag**

ennek nagy része **csillagközi por**

másik része **bolygóközi por**

kis része **bolygó**

a bolygók nagy része **mag és köpeny**

igen kis része a **kéreg**

ennek jelentős része **meddő**

**a maradék anyagot hasznosítja az emberiség ☺**

csillagközi

csillaganyag

az anyagfizikusok az Univerzum egyik legritkább anyagfajtajával foglalkoznak!

az anyagfizikusok az  
Univerzum egyik legritkább  
anyagfajtájával  
foglalkoznak!





az anyagfizikusok az  
Univerzum egyik legritkább  
anyagfajtájával  
foglalkoznak!

**de van két még ritkább  
anyagfajta is!**



az anyagfizikusok az  
Univerzum egyik legritkább  
anyagfajtájával  
foglalkoznak!

**de van két még ritkább  
anyagfajta is!**

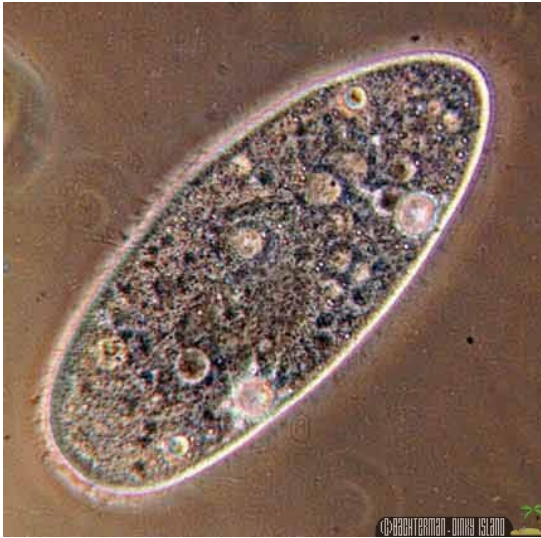
az élő anyag



az anyagfizikusok az  
Univerzum egyik legritkább  
anyagfajtájával  
foglalkoznak!

**de van két még ritkább  
anyagfajta is!**

az élő anyag



az anyagfizikusok az  
Univerzum egyik legritkább  
anyagfajtájával  
foglalkoznak!

**de van két még ritkább  
anyagfajta is!**



az élő anyag

az anyagfizikusok az  
Univerzum egyik legritkább  
anyagfajtájával  
foglalkoznak!

**de van két még ritkább  
anyagfajta is!**



az élő anyag



az anyagfizikusok az  
Univerzum egyik legritkább  
anyagfajtájával  
foglalkoznak!

**de van két még ritkább  
anyagfajta is!**



az élő anyag





az anyagfizikusok az  
Univerzum egyik legritkább  
anyagfajtájával  
foglalkoznak!

**de van két még ritkább  
anyagfajta is!**



az élő anyag  
és a folyadék

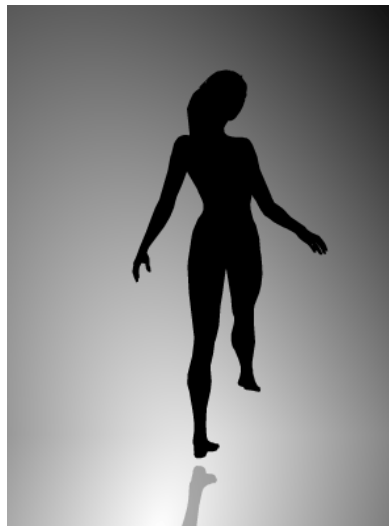


az anyagfizikusok az  
Univerzum egyik legritkább  
anyagfajtájával  
foglalkoznak!

**de van két még ritkább  
anyagfajta is!**



az élő anyag  
és a folyadék





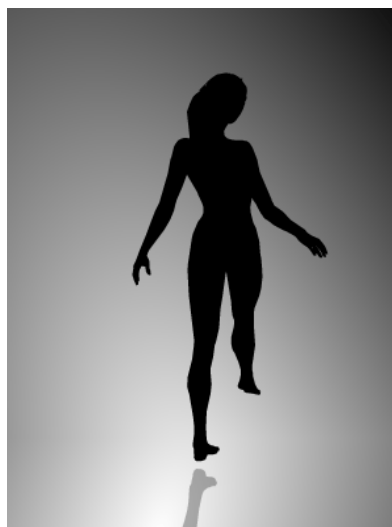
az anyagfizikusok az  
Univerzum egyik legritkább  
anyagfajtájával  
foglalkoznak!



az élő anyag  
és a folyadék



**EGÉSZSÉGÜNKRE!**







**Az**

**Univerzum**

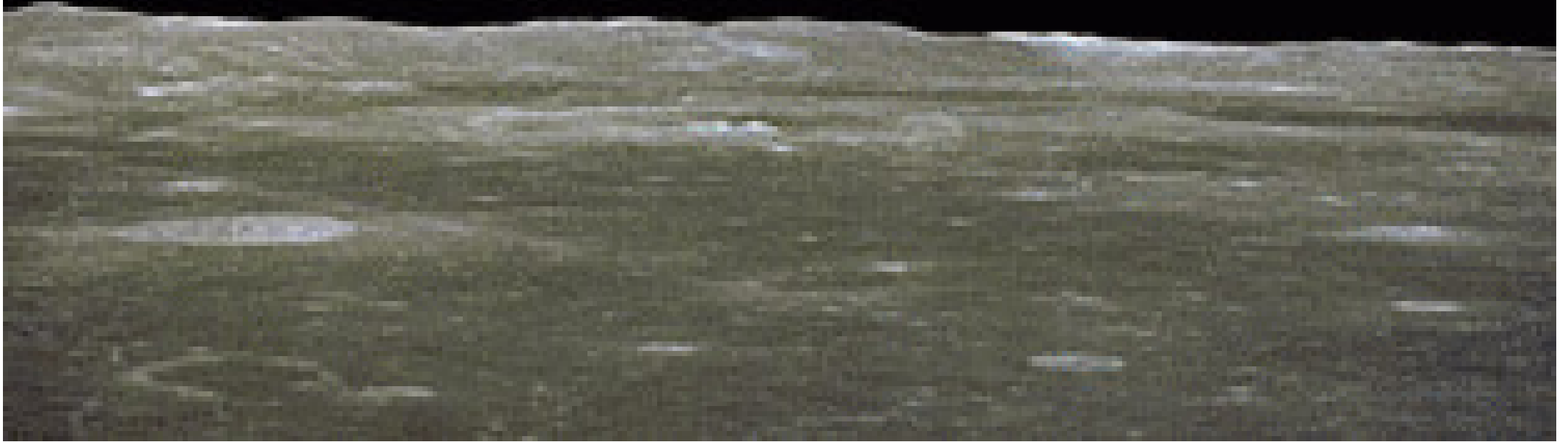
**anyagai**

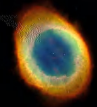


**Az**

**Univerzum**

**anyagai**

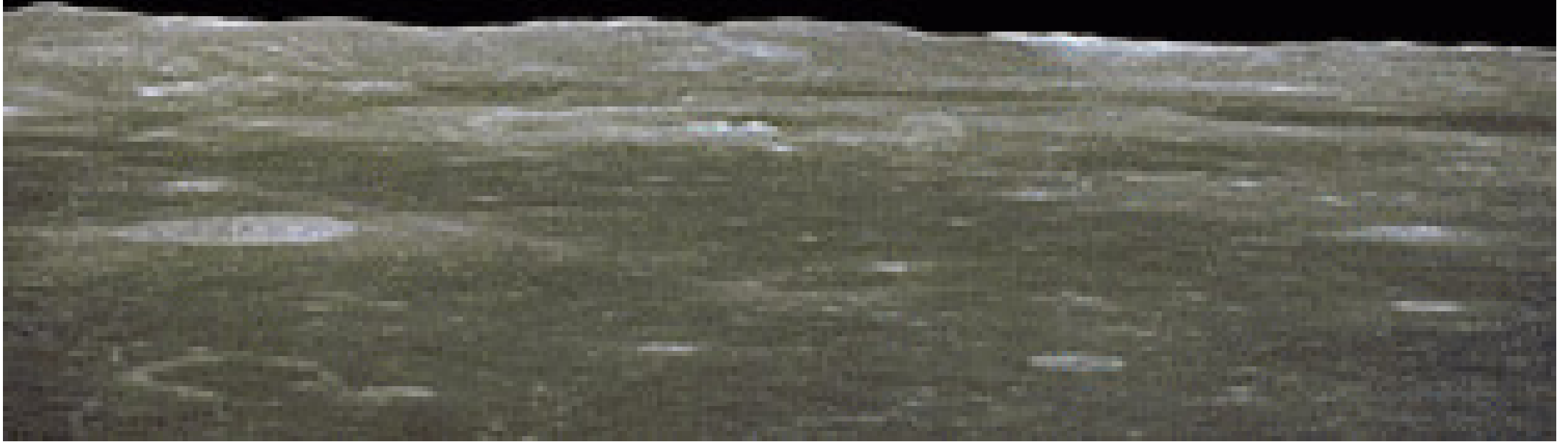




**Az**

**Univerzum**

**anyagai**

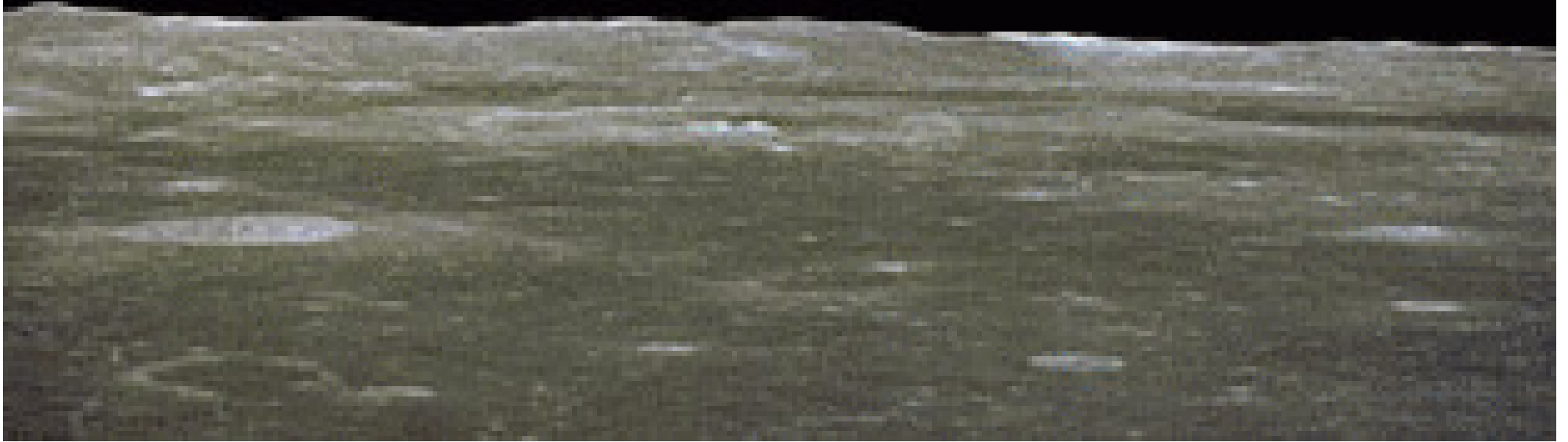
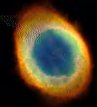


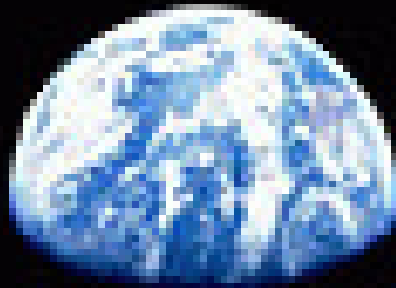
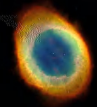


**Az**

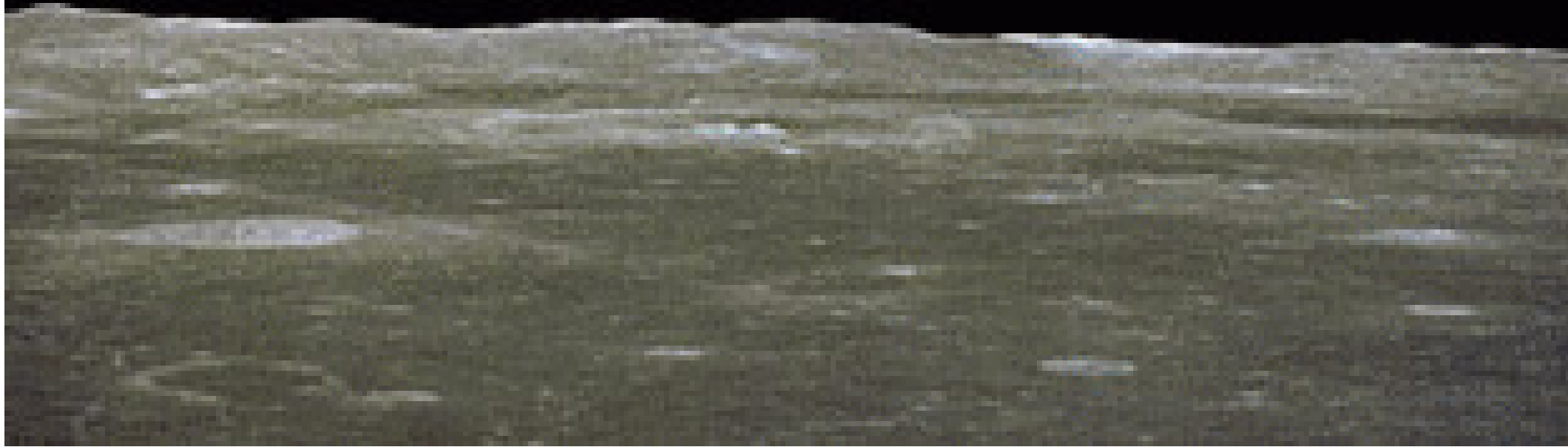
**Univerzum**

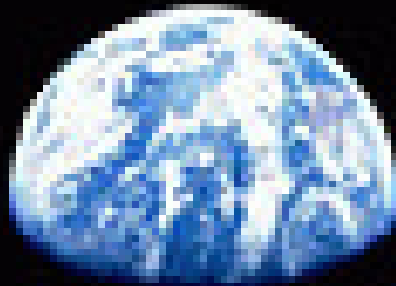
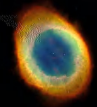
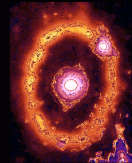
**anyagai**



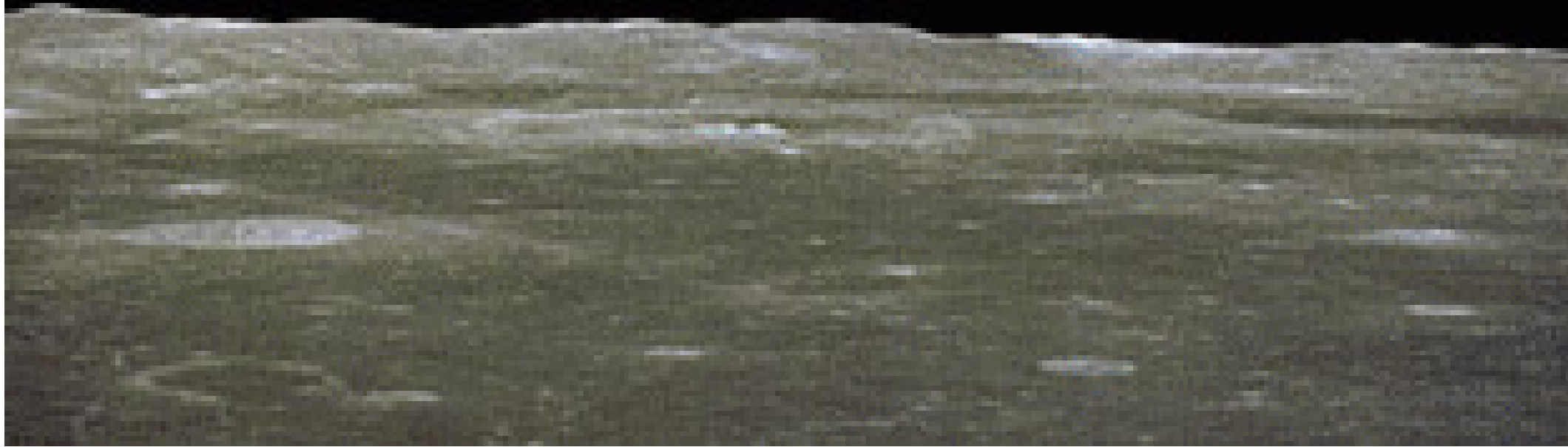


**Az  
Univerzum  
anyagai**

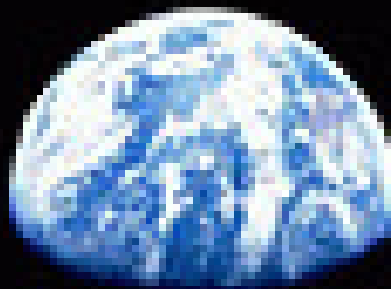
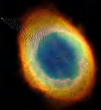
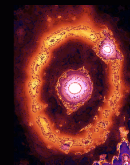




**Az  
Univerzum  
anyagai**



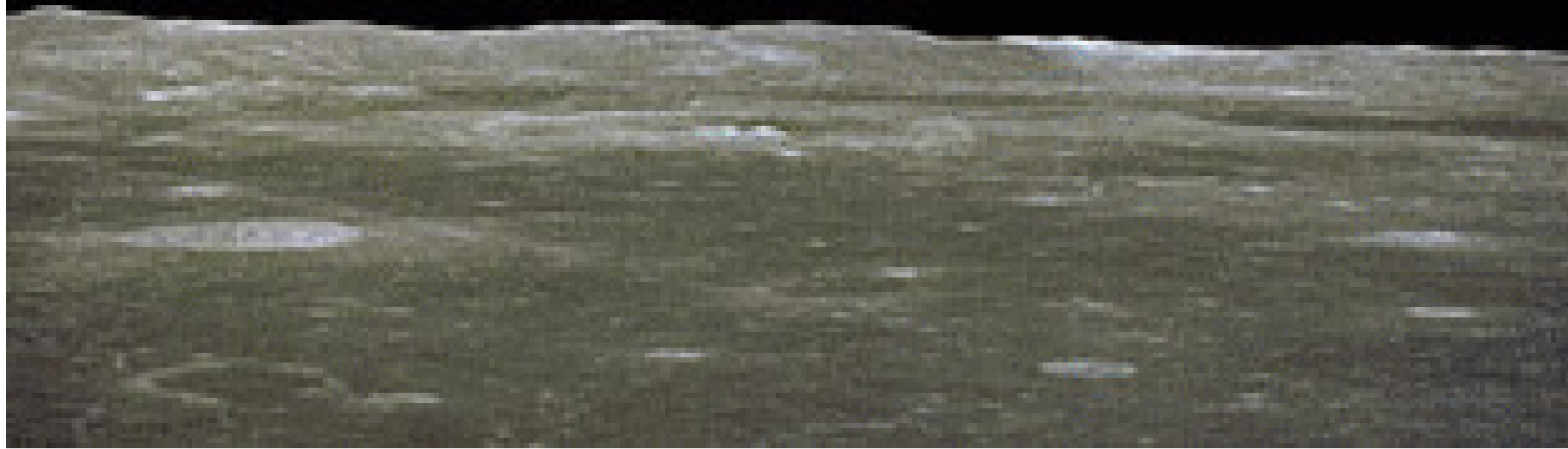


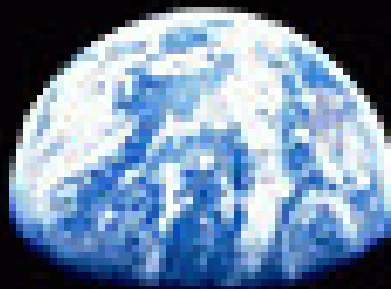
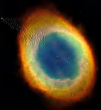
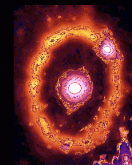
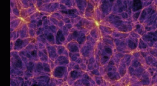


**Az**

**Univerzum**

**anyagai**

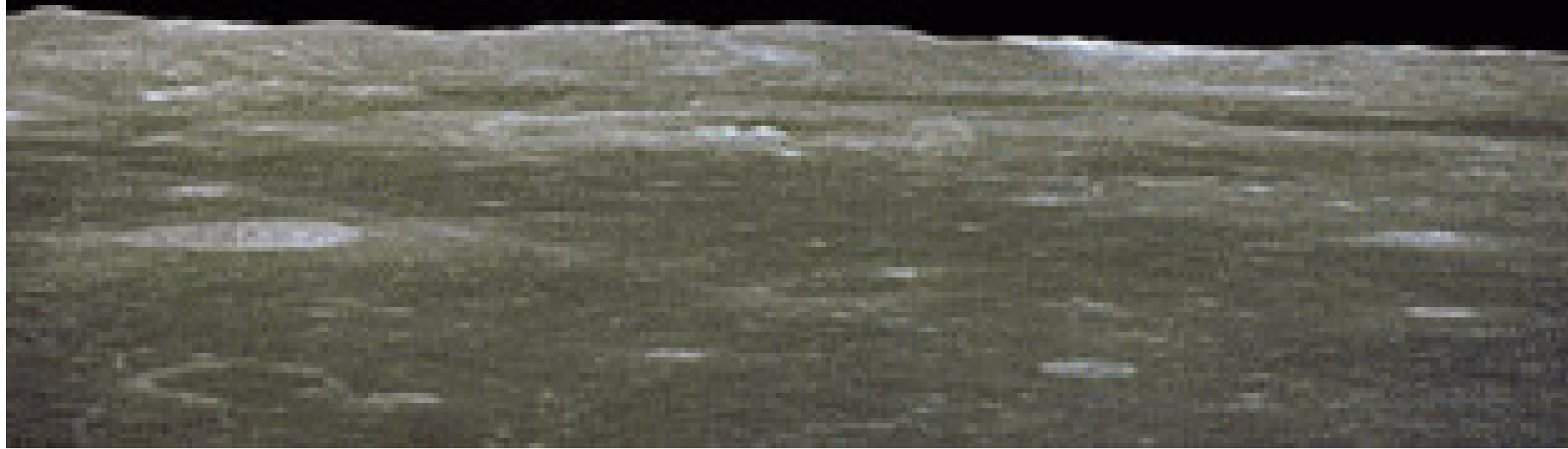


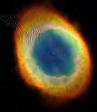
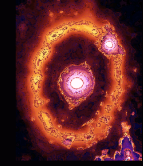
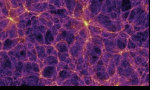
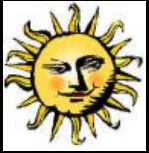


**Az**

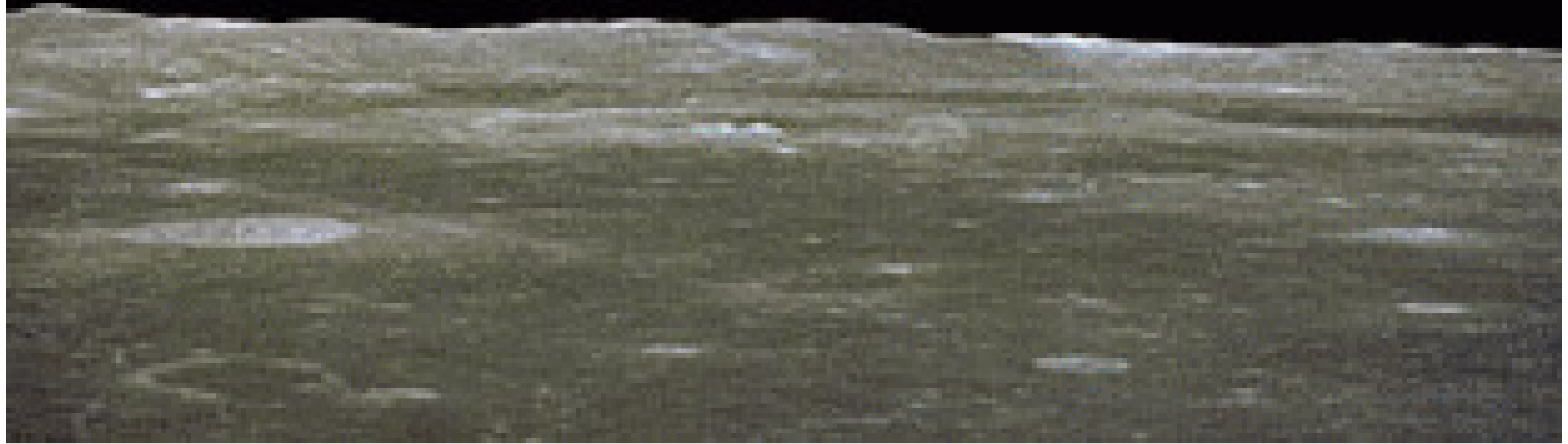
**Univerzum**

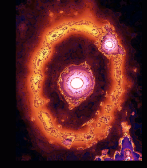
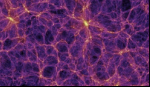
**anyagai**



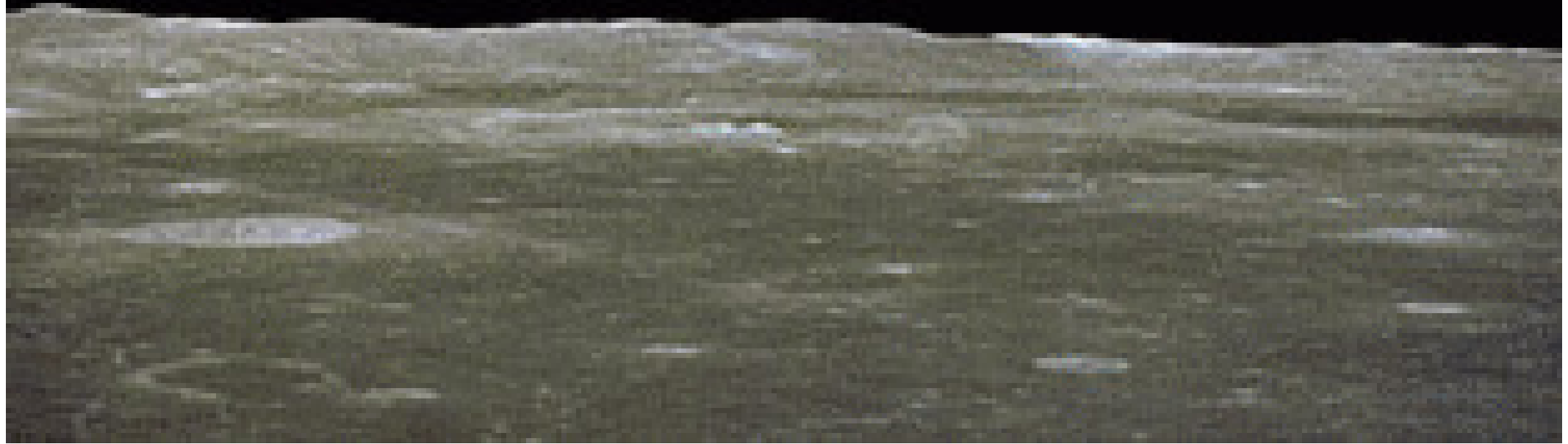
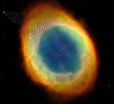
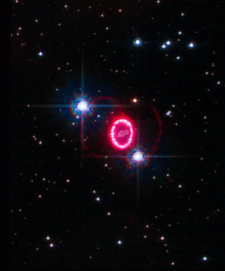


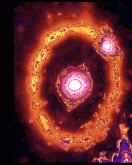
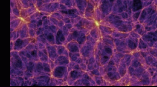
**Az  
Univerzum  
anyagai**



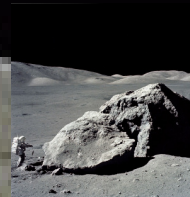
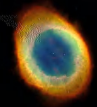
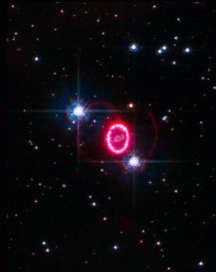


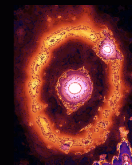
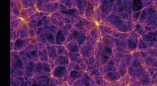
Az  
Univerzum  
anyagai



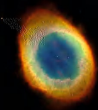
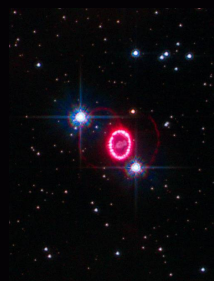


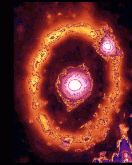
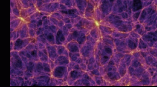
Az  
Univerzum  
anyagai



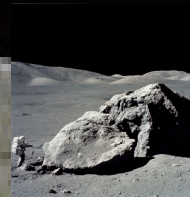
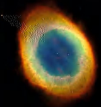
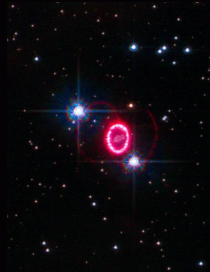


Az  
Univerzum  
anyagai

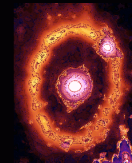
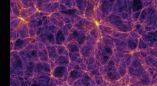




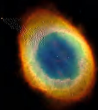
# Az Univerzum anyagai





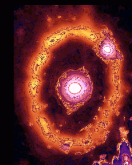
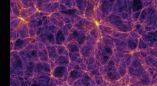


# Az Univerzum anyagai

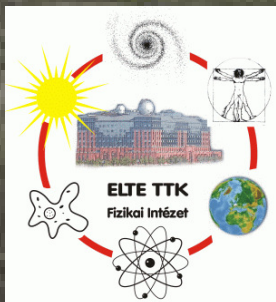
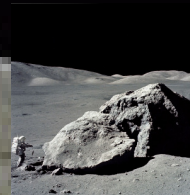
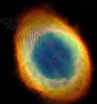


Az atomoktól a csillagokig

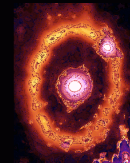
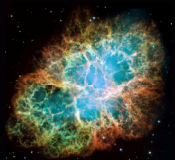
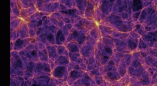




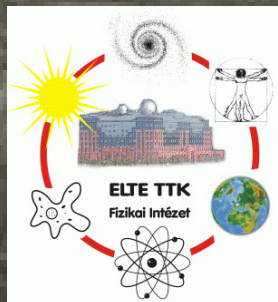
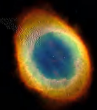
# Az Univerzum anyagai



Az atomoktól a csillagokig

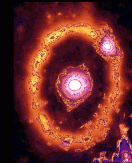
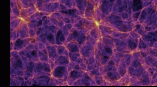


# Az Univerzum anyagai

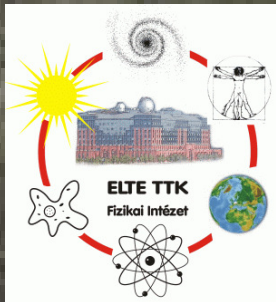
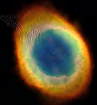


Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula  
2010. 09. 30.



# Az Univerzum anyagai



Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula  
2010. 09. 30.