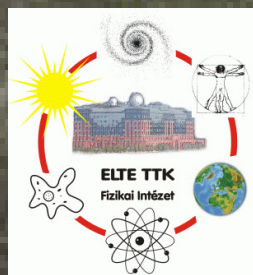


A
lehűléstől
forrósodó
tégla –

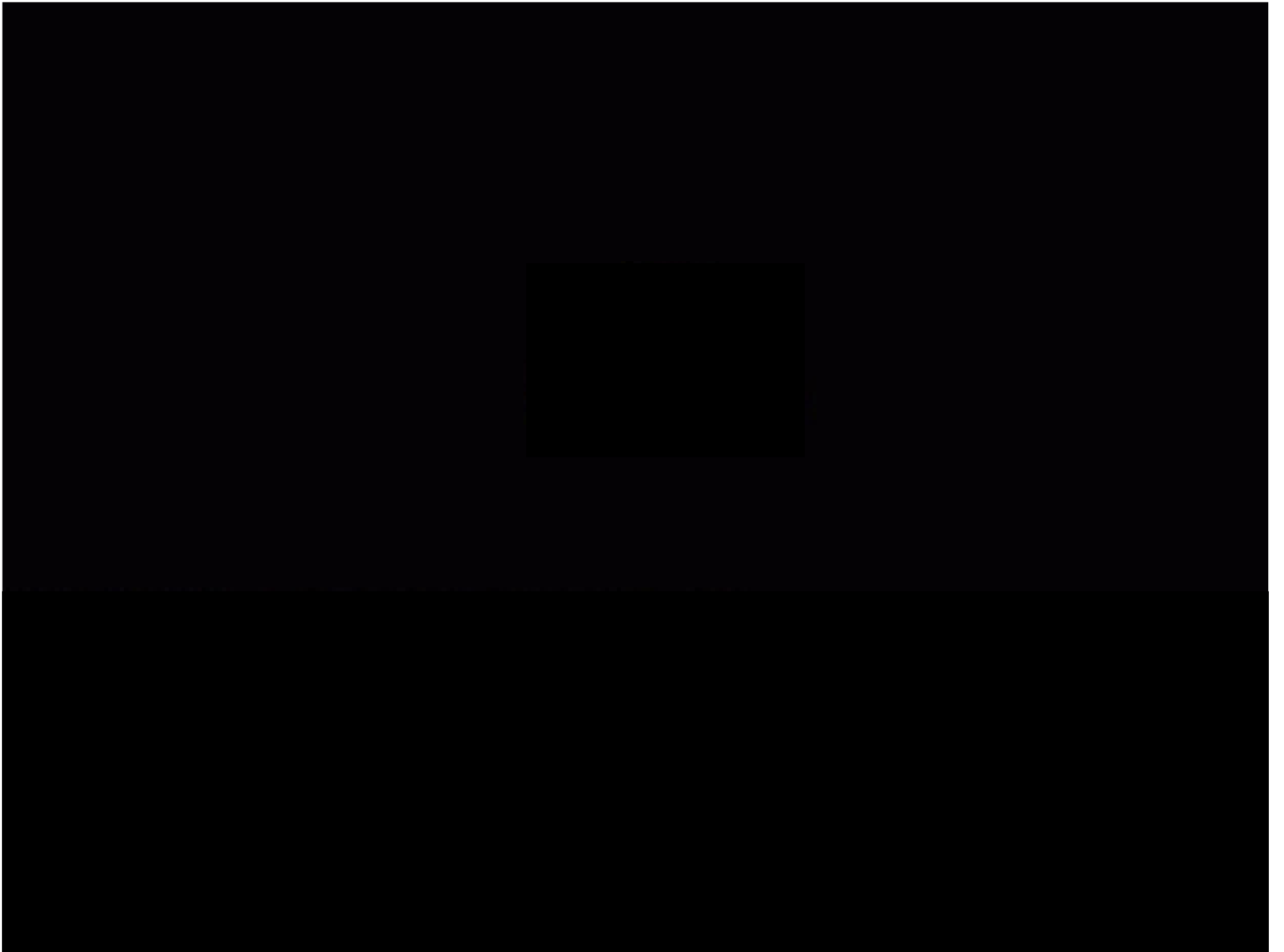
avagy a csillagok
termodinamikája

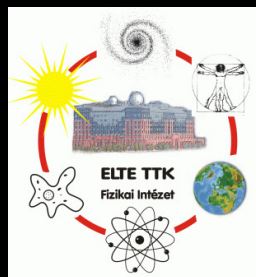


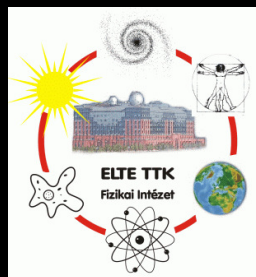
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

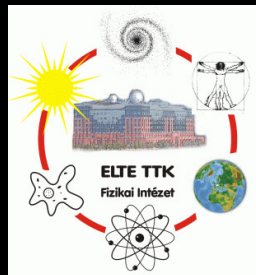






Az atomoktól a csillagokig

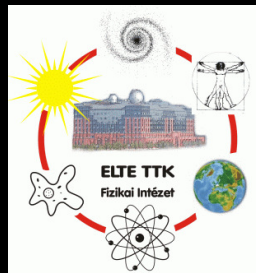
A lehűléstől forrósodó tégla –



Az atomoktól a csillagokig

A lehűléstől forrósodó tégla –

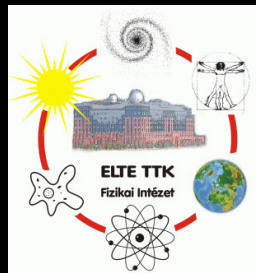
avagy a csillagok
termodinamikája



Az atomoktól a csillagokig

A lehűléstől forrósodó tégla –

avagy a csillagok termodinamikája



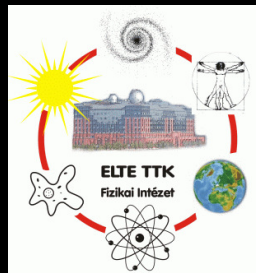
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

A lehűléstől forrósodó tégla –

avagy a csillagok termodinamikája



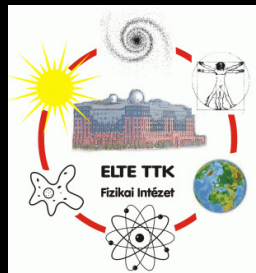
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

A lehűléstől forrósodó tégla –

avagy a csillagok
termodinamikája



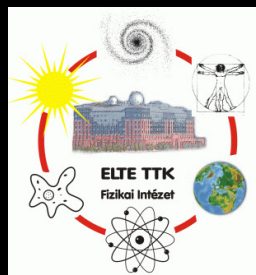
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

A lehűléstől forrósodó tégla –

avagy a csillagok
termodinamikája



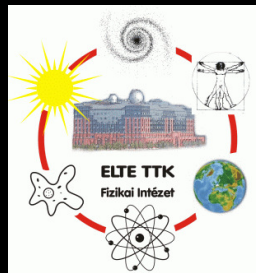
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

A lehűléstől forrósodó tégla –

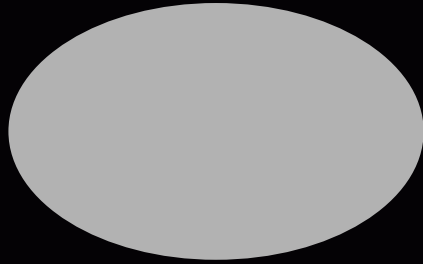
avagy a csillagok
termodinamikája



Az atomoktól a csillagokig

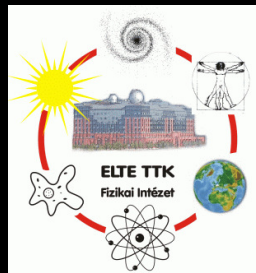
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



A lehűléstől forrósodó tégla –

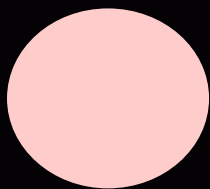
avagy a csillagok
termodinamikája



Az atomoktól a csillagokig

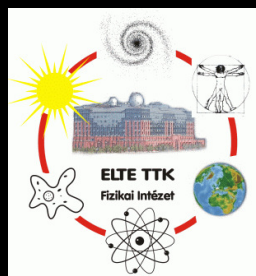
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



A lehűléstől forrósodó tégla –

avagy a csillagok termodinamikája



Az atomoktól a csillagokig

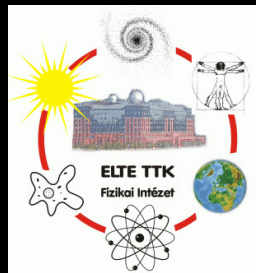
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



A lehűléstől forrósodó tégla –

avagy a csillagok
termodinamikája



Az atomoktól a csillagokig

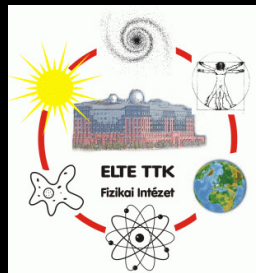
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



A lehűléstől forrósodó tégla –

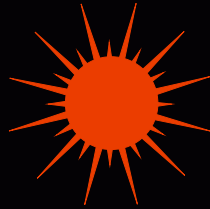
avagy a csillagok
termodinamikája



Az atomoktól a csillagokig

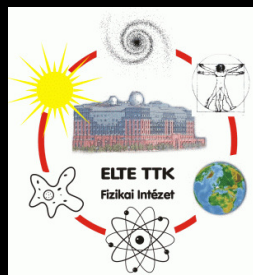
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



A lehűléstől forrósodó tégla –

avagy a csillagok
termodinamikája



Az atomoktól a csillagokig

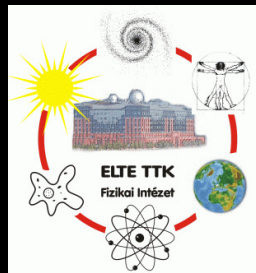
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



A lehűléstől forrósodó tégla –

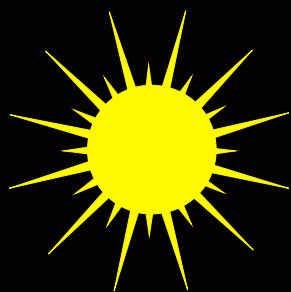
avagy a csillagok termodinamikája



Az atomoktól a csillagokig

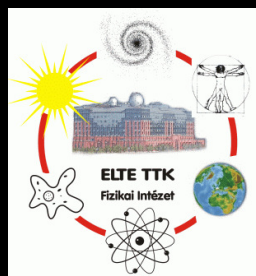
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



A lehűléstől forrósodó tégla –

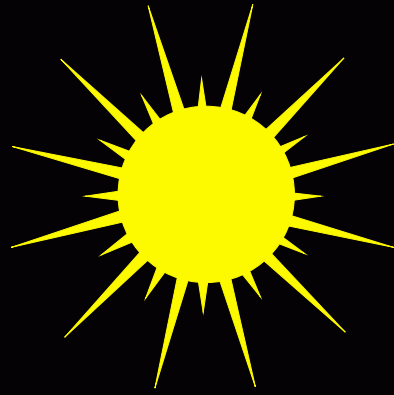
avagy a csillagok termodinamikája



Az atomoktól a csillagokig

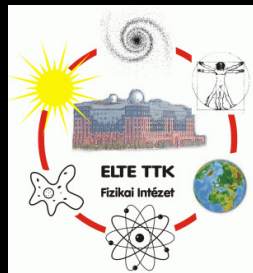
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**

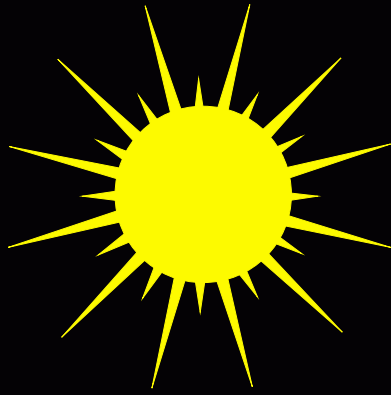
**avagy a csillagok
termodinamikája**



Az atomoktól a csillagokig

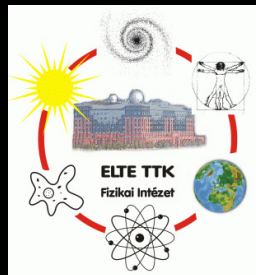
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**

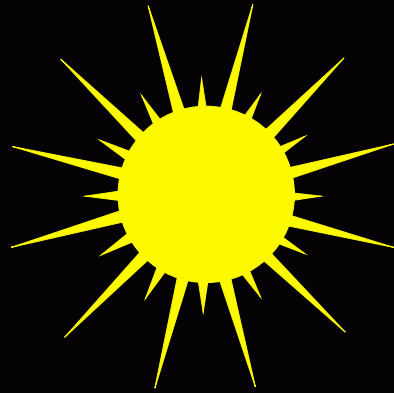
**avagy a csillagok
termodinamikája**



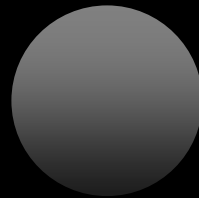
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

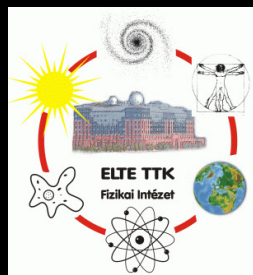
2012. 01. 19.



**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**



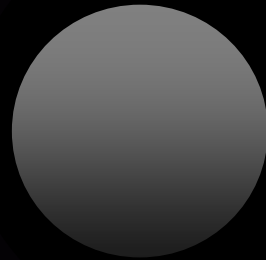
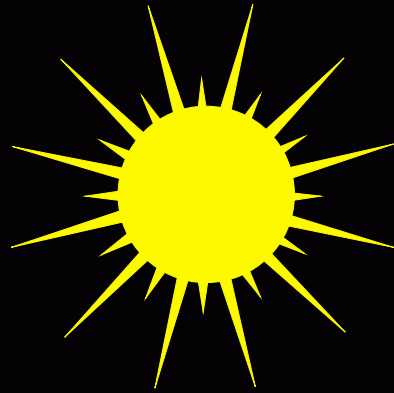
**avagy a csillagok
termodinamikája**



Az atomoktól a csillagokig

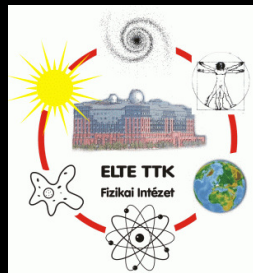
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**

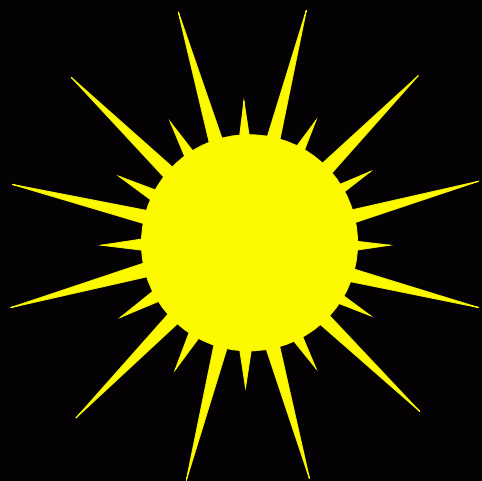
**avagy a csillagok
termodinamikája**



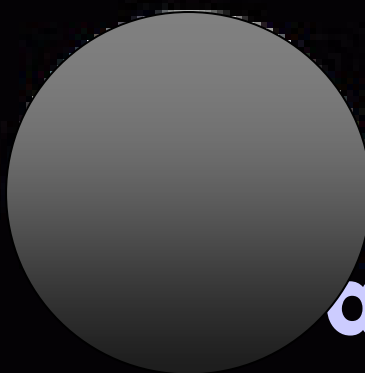
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

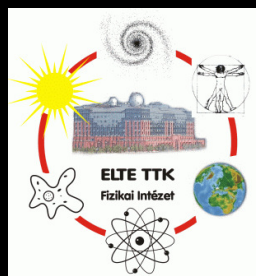
2012. 01. 19.



**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**



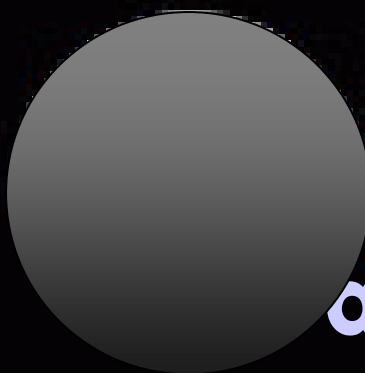
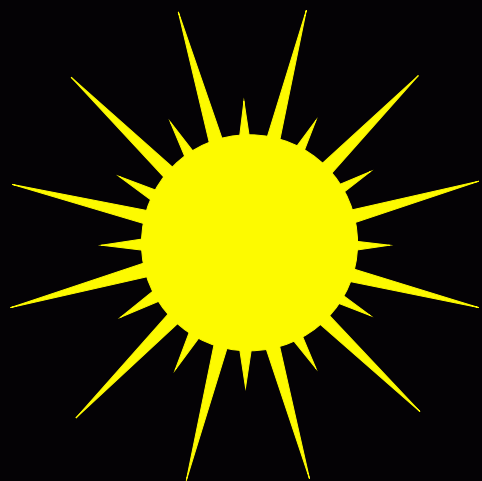
**vagy a csillagok
termodinamikája**



Az atomoktól a csillagokig

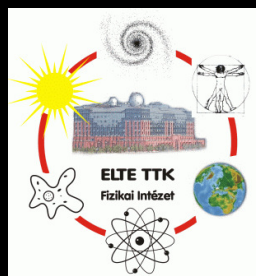
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**

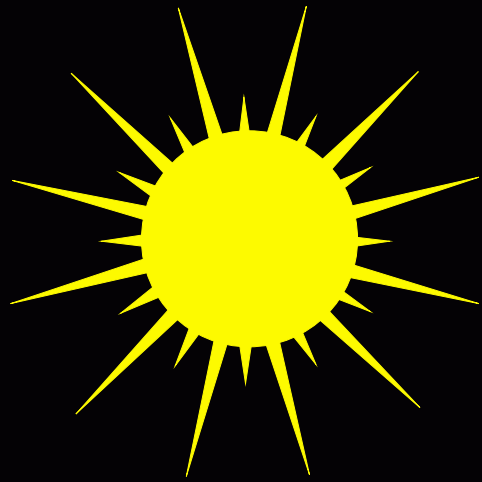
**vagy a csillagok
termodinamikája**



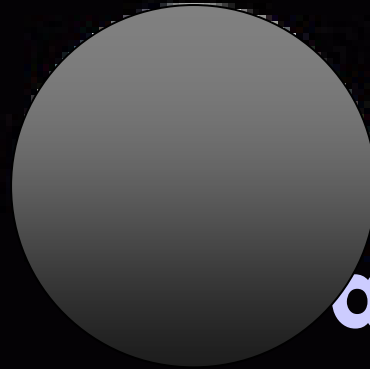
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

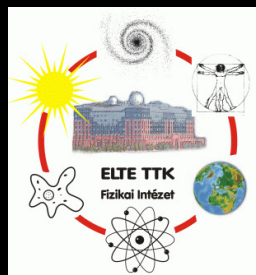
2012. 01. 19.



**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**



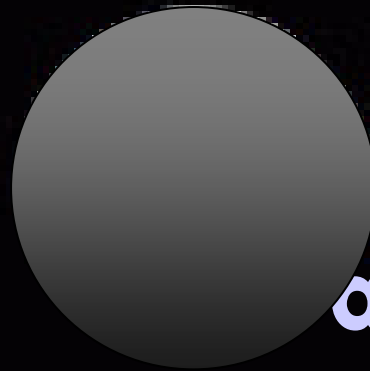
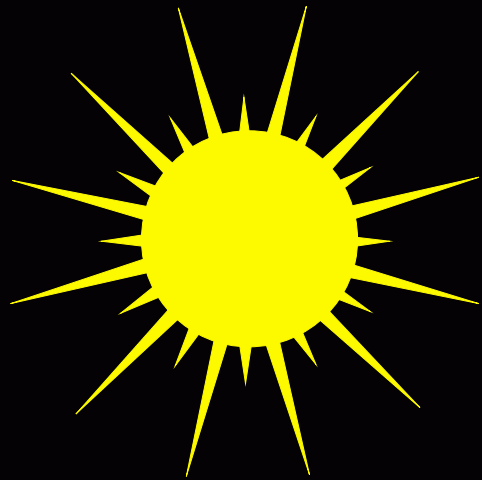
**vagy a csillagok
termodinamikája**



Az atomoktól a csillagokig

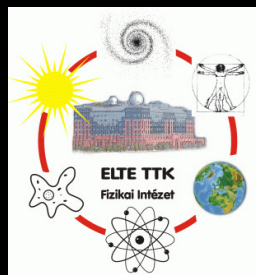
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**

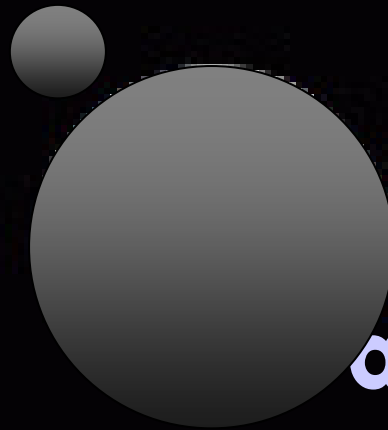
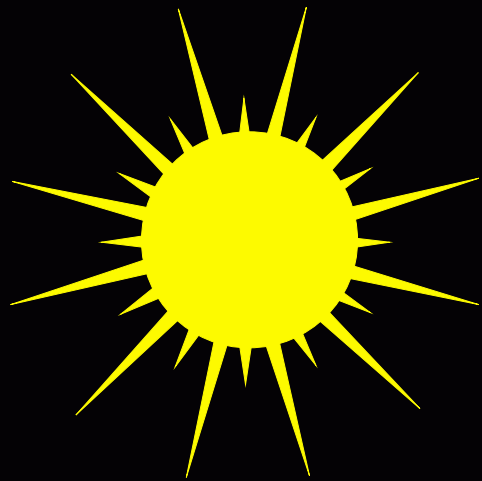
**vagy a csillagok
termodinamikája**



Az atomoktól a csillagokig

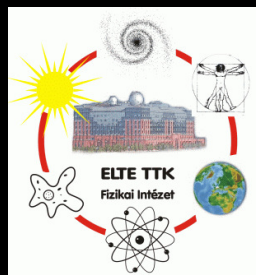
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**

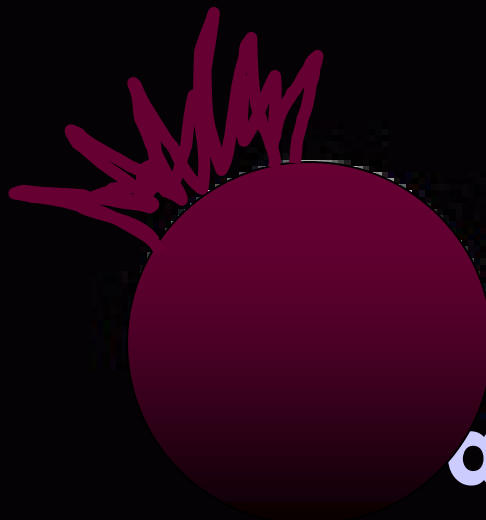
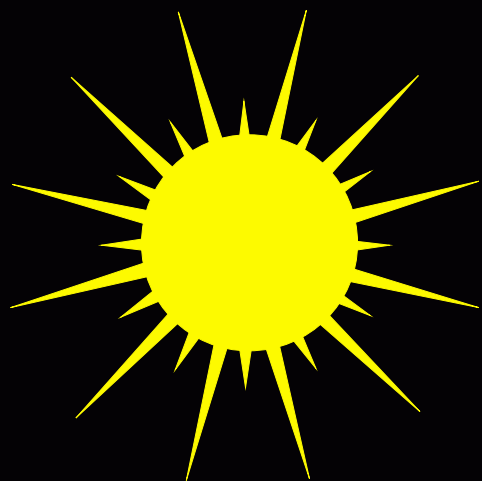
**vagy a csillagok
termodinamikája**



Az atomoktól a csillagokig

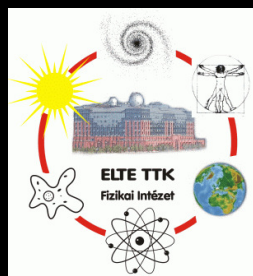
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



A
lehűléstől
forrósodó
tégla –

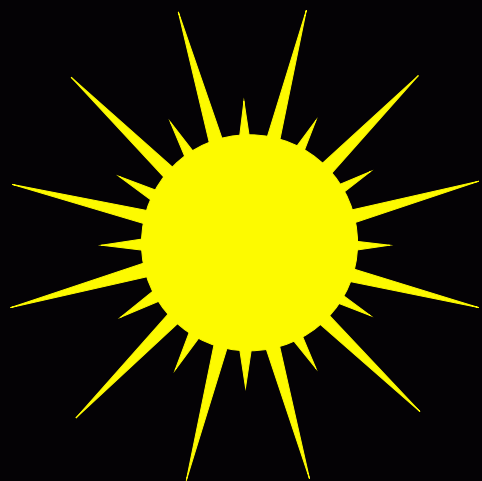
vagy a csillagok
termodinamikája



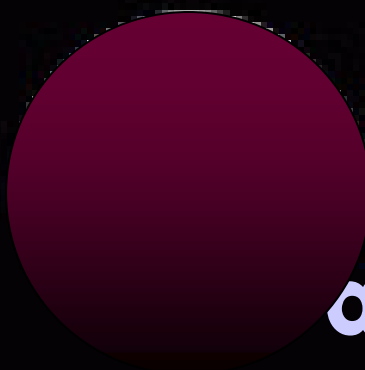
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

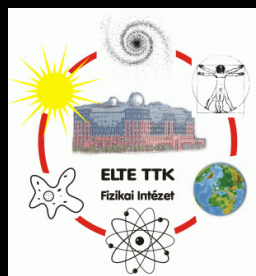
2012. 01. 19.



**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**



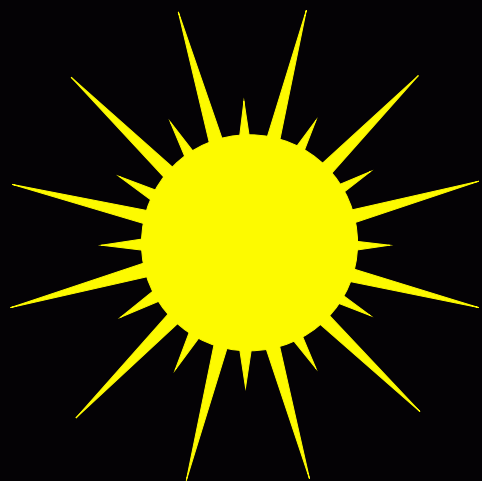
**vagy a csillagok
termodinamikája**



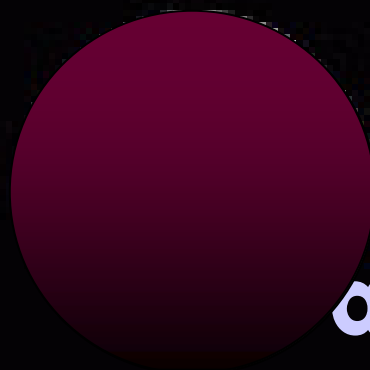
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

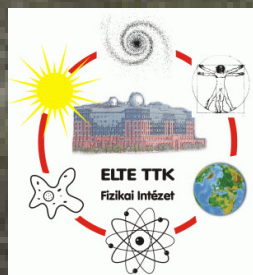
2012. 01. 19.



A
lehűléstől
forrósodó
tégla –



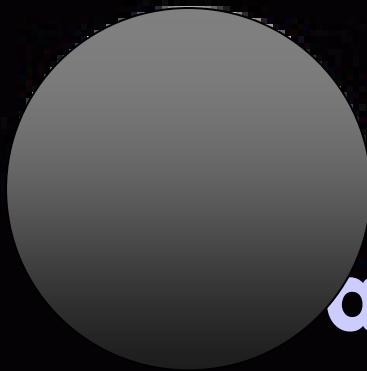
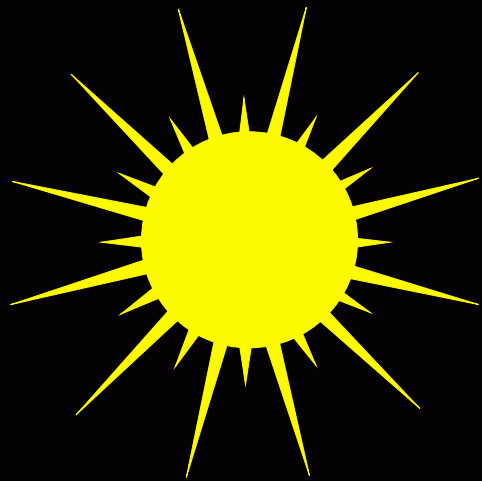
avagy a csillagok
termodinamikája



Az atomoktól a csillagokig

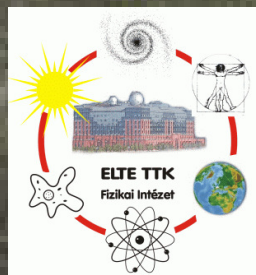
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



A
lehűléstől
forrósodó
tégla –

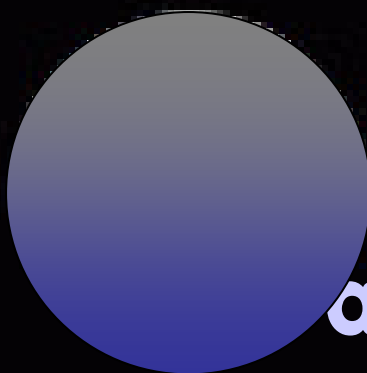
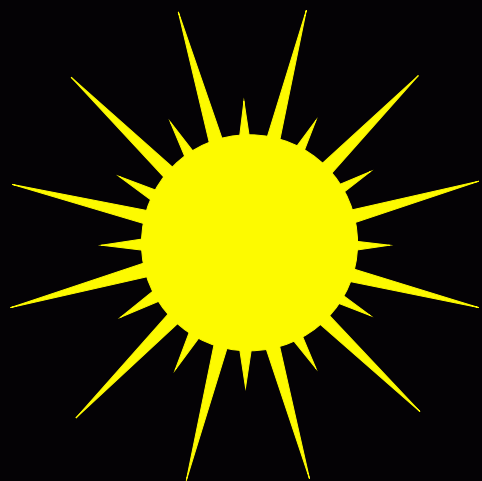
avagy a csillagok
termodinamikája



Az atomoktól a csillagokig

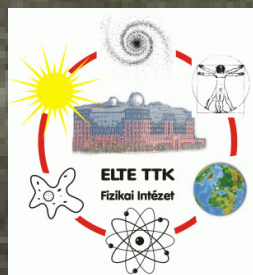
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



A
lehűléstől
forrósodó
tégla –

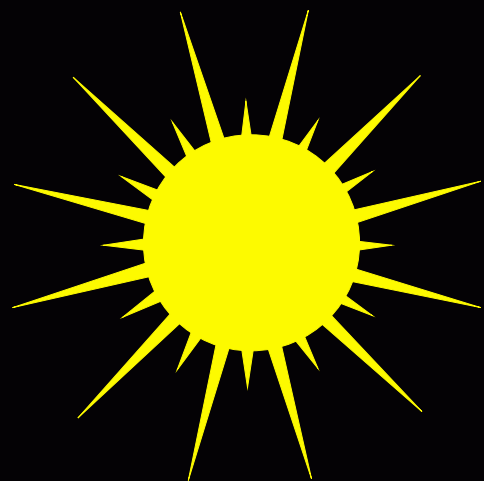
vagy a csillagok
termodinamikája



Az atomoktól a csillagokig

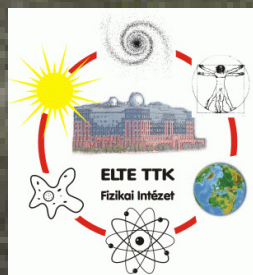
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**

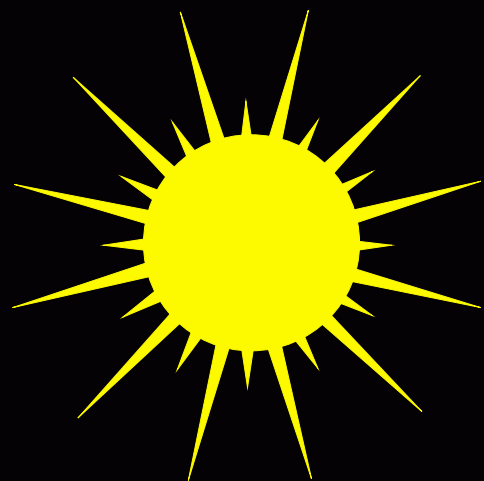
**avagy a csillagok
termodinamikája**



Az atomoktól a csillagokig

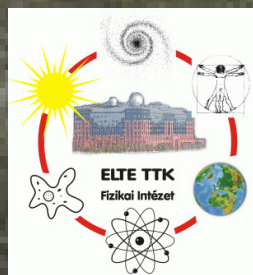
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**

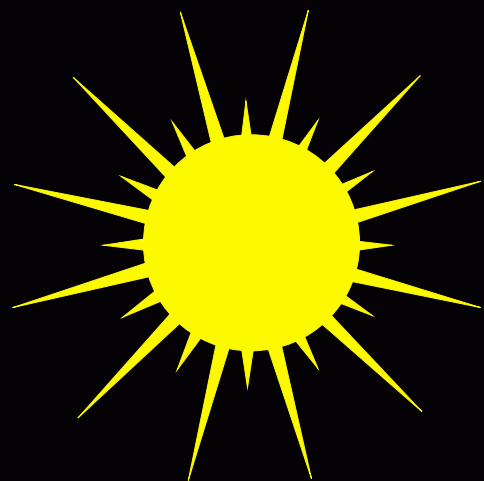
**avagy a csillagok
termodinamikája**



Az atomoktól a csillagokig

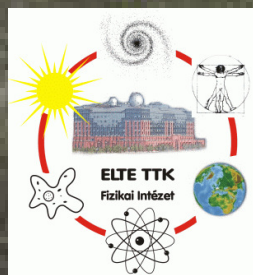
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**

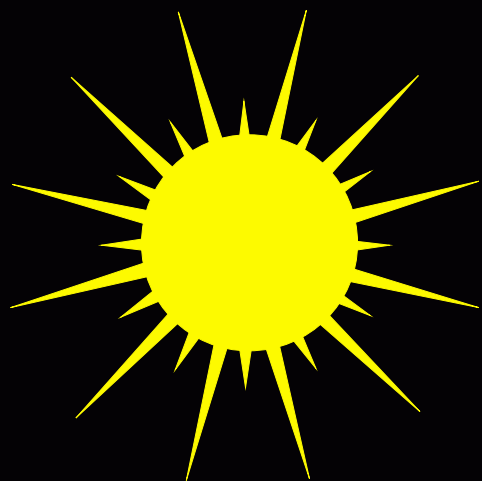
**avagy a csillagok
termodinamikája**



Az atomoktól a csillagokig

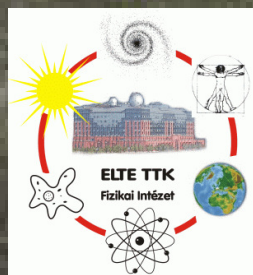
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



A
lehűléstől
forrósodó
tégla –

avagy a csillagok
termodinamikája



Az atomoktól a csillagokig

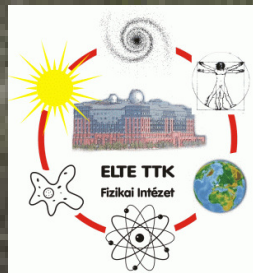
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



A
lehűléstől
forrósodó
tégla –


avagy a csillagok
termodinamikája



Az atomoktól a csillagokig

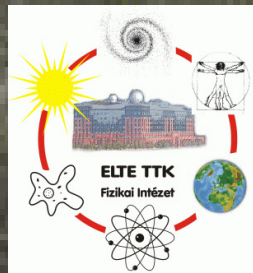
Dávid Gyula

2012. 01. 19.



**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**

**avagy a csillagok
termodinamikája**



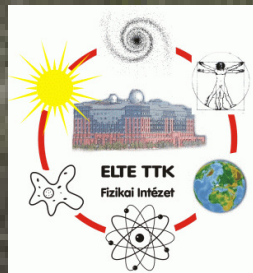
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**

**avagy a csillagok
termodinamikája**



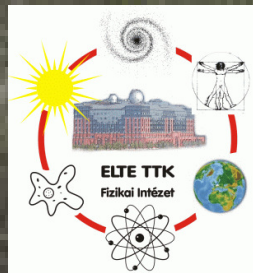
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**

**avagy a csillagok
termodinamikája**



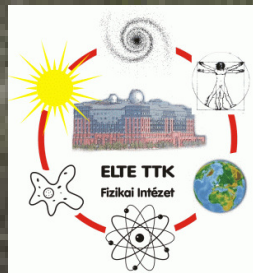
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**

**avagy a csillagok
termodinamikája**



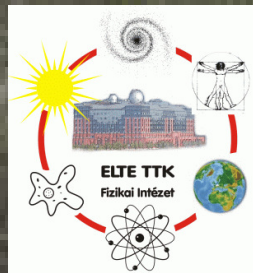
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

A lehűléstől forrósodó tégla –

avagy a csillagok termodinamikája



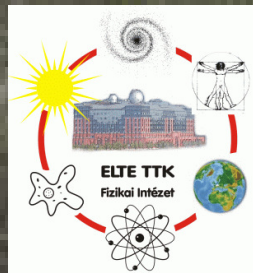
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

A lehűléstől forrósodó tégla –

avagy a csillagok termodinamikája



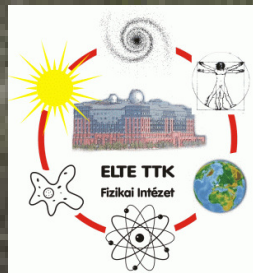
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

A lehűléstől forrósodó tégla –

avagy a csillagok termodinamikája



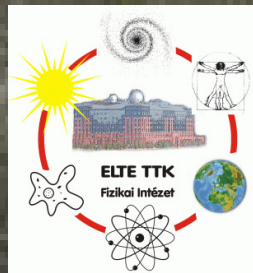
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

A lehűléstől forrósodó tégla –

avagy a csillagok termodinamikája



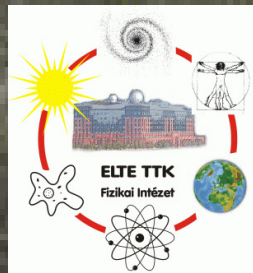
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

A lehűléstől forrósodó tégla –

avagy a csillagok termodinamikája



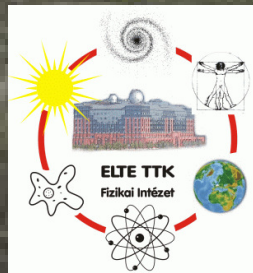
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**

**avagy a csillagok
termodinamikája**



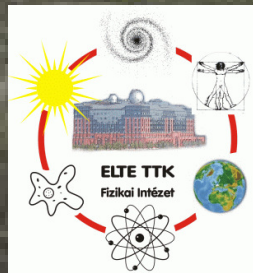
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**

**avagy a csillagok
termodinamikája**



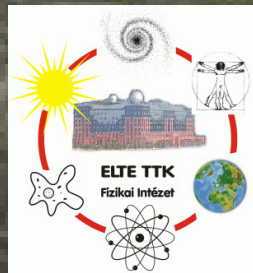
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**

**avagy a csillagok
termodinamikája**



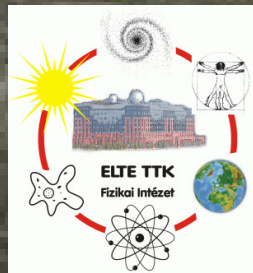
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

A lehűléstől forrósodó tégla –

avagy a csillagok termodinamikája



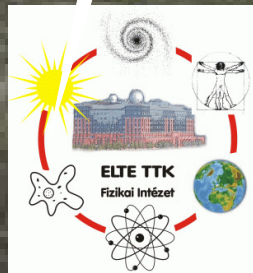
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

A lehűléstől forrósodó tégla –

avagy a csillagok termodinamikája



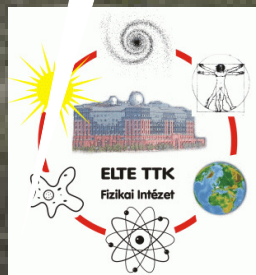
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

A lehűléstől forrósodó tégla –

avagy a csillagok termodinamikája



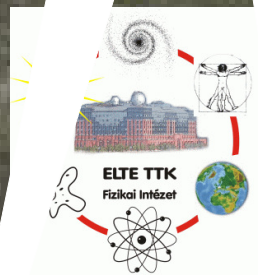
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**

**avagy a csillagok
termodinamikája**



Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

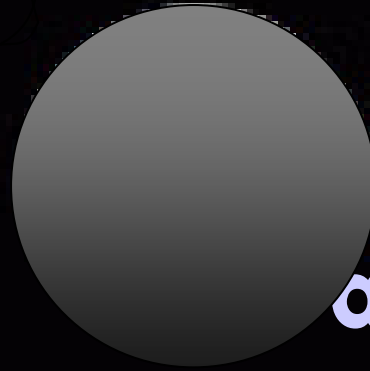
A
lehűléstől
törrosodó
tégla –

avagy a csillagok
termodinamikája



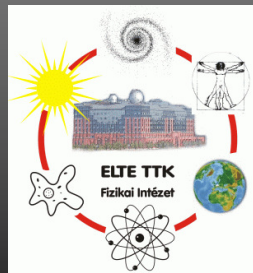
Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula
2012. 01. 19.



**A
lehűléstől
forrósodó
tégla –**

**vagy a csillagok
termodinamikája**



Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.

Paradoxonok a fizikában



Paradoxonok a fizikában

Paradoxon:



Paradoxonok a fizikában

Paradoxon:
ellentmondás igaznak elfogadott állítások között



Paradoxonok a fizikában

Paradoxon:
ellentmondás igaznak elfogadott állítások között

A természetben nincsenek paradoxonok.



Paradoxonok a fizikában

**Paradoxon:
ellentmondás igaznak elfogadott állítások között**

A természetben nincsenek paradoxonok.

A látszólagos ellentmondások akkor lépnek fel, amikor a különböző tudományterületeken szerzett tudásmorzsáinkat egy új területen ütköztetjük.



Paradoxonok a fizikában

**Paradoxon:
ellentmondás igaznak elfogadott állítások között**

A természetben nincsenek paradoxonok.

A látszólagos ellentmondások akkor lépnek fel, amikor a különböző tudományterületeken szerzett tudásmorzsáinkat egy új területen ütköztetjük.

Kiderül, hogy valamelyik (vagy mindkét) területen tévesek az ismereteink, rosszul mérjük fel a tételek hatókörét, az állítások előfeltevéseit, alkalmazhatóságuk feltételeit.



Paradoxonok a fizikában

**Paradoxon:
ellentmondás igaznak elfogadott állítások között**

A természetben nincsenek paradoxonok.

A látszólagos ellentmondások akkor lépnek fel, amikor a különböző tudományterületeken szerzett tudásmorzsáinkat egy új területen ütköztetjük.

Kiderül, hogy valamelyik (vagy mindkét) területen tévesek az ismereteink, rosszul mérjük fel a tételek hatókörét, az állítások előfeltevéseit, alkalmazhatóságuk feltételeit.

A paradoxonok vizsgálata és feloldása segít jobban megérteni mindkét – jól ismertnek vélt – tudományterületet, és segít eligazodni az új területen.



Paradoxonok a fizikában

Paradoxon:
ellentmondás igaznak elfogadott állítások között

A természetben nincsenek paradoxonok.

A látszólagos ellentmondások akkor lépnek fel, amikor a különböző tudományterületeken szerzett tudásmorzsáinkat egy új területen ütköztetjük.

Kiderül, hogy valamelyik (vagy mindkét) területen tévesek az ismereteink, rosszul mérjük fel a tételek hatókörét, az állítások előfeltevéseit, alkalmazhatóságuk feltételeit.

A paradoxonok vizsgálata és feloldása segít jobban megérteni mindkét – jól ismertnek vélt – tudományterületet, és segít eligazodni az új területen.

A mai „paradoxonban” a **termodinamika** és a **csillagfizika** ütközik.



Paradoxonok a fizikában

**Paradoxon:
ellentmondás igaznak elfogadott állítások között**

A természetben nincsenek paradoxonok.

A látszólagos ellentmondások akkor lépnek fel, amikor a különböző tudományterületeken szerzett tudásmorzsáinkat egy új területen ütköztetjük.

Kiderül, hogy valamelyik (vagy mindkét) területen tévesek az ismereteink, rosszul mérjük fel a tételek hatókörét, az állítások előfeltevéseit, alkalmazhatóságuk feltételeit.

A paradoxonok vizsgálata és feloldása segít jobban megérteni mindkét – jól ismertnek vélt – tudományterületet, és segít eligazodni az új területen.

A mai „paradoxonban” a **termodinamika** és a **csillagfizika** ütközik.

A paradoxont megoldva talán jobban megértjük mindkét tudományt.



1. Termodinamika



1. Termodinamika

– Jean, hány fok van idebent?



1. Termodinamika

– Jean, hány fok van idebent?

– Húsz, uram.



1. Termodinamika

- Jean, hány fok van idebent?
- Húsz, uram.
- És odakint?



1. Termodinamika

- Jean, hány fok van idebent?
- Húsz, uram.
- És odakint?
- Négy, uram.



1. Termodinamika

- Jean, hány fok van idebent?
- Húsz, uram.
- És odakint?
- Négy, uram.
- Jean, nyissa ki az ajtót, és engedje be azt a négyet is!



1. Termodinamika

- Jean, hány fok van idebent?
- Húsz, uram.
- És odakint?
- Négy, uram.
- Jean, nyissa ki az ajtót, és engedje be azt a négyet is!



1. Termodinamika

- Jean, hány fok van idebent?
- Húsz, uram.
- És odakint?
- Négy, uram.
- Jean, nyissa ki az ajtót, és engedje be azt a négyet is!



- Jean, hány **vendég** van idebent?
- Húsz, uram.
- És odakint?
- Négy, uram.
- Jean, nyissa ki az ajtót, és engedje be azt a négyet is!

1. Termodinamika

- Jean, hány fok van idebent?
- Húsz, uram.
- És odakint?
- Négy, uram.
- Jean, nyissa ki az ajtót, és engedje be azt a négyet is!



- Jean, hány **vendég** van idebent?
- Húsz, uram.
- És odakint?
- Négy, uram.
- Jean, nyissa ki az ajtót, és engedje be azt a négyet is!



1. Termodinamika

- Jean, hány fok van idebent?
- Húsz, uram.
- És odakint?
- Négy, uram.
- Jean, nyissa ki az ajtót, és engedje be azt a négyet is!

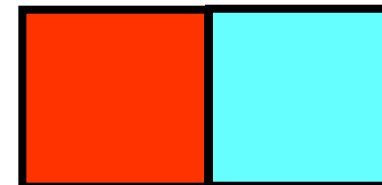


- Jean, hány **vendég** van idebent?
- Húsz, uram.
- És odakint?
- Négy, uram.
- Jean, nyissa ki az ajtót, és engedje be azt a négyet is!



1. Termodinamika

- Jean, hány fok van idebent?
- Húsz, uram.
- És odakint?
- Négy, uram.
- Jean, nyissa ki az ajtót, és engedje be azt a négyet is!

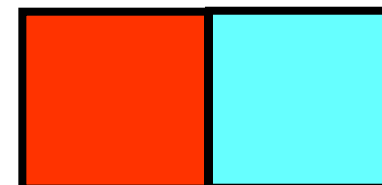


- Jean, hány **vendég** van idebent?
- Húsz, uram.
- És odakint?
- Négy, uram.
- Jean, nyissa ki az ajtót, és engedje be azt a négyet is!



1. Termodinamika

- Jean, hány fok van idebent?
- Húsz, uram.
- És odakint?
- Négy, uram.
- Jean, nyissa ki az ajtót, és engedje be azt a négyet is!

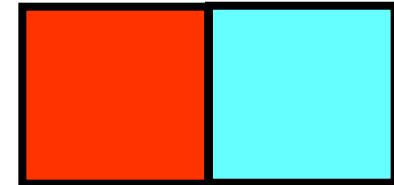


- Jean, hány **vendég** van idebent?
- Húsz, uram.
- És odakint?
- Négy, uram.
- Jean, nyissa ki az ajtót, és engedje be azt a négyet is!

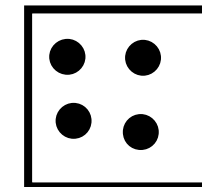


1. Termodinamika

- Jean, hány fok van idebent?
- Húsz, uram.
- És odakint?
- Négy, uram.
- Jean, nyissa ki az ajtót, és engedje be azt a négyet is!



- Jean, hány **vendég** van idebent?
- Húsz, uram.
- És odakint?
- Négy, uram.
- Jean, nyissa ki az ajtót, és engedje be azt a négyet is!



1. Termodinamika

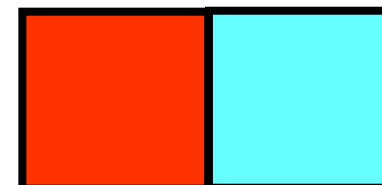
– Jean, hány fok van idebent?

– Húsz, uram.

– És odakint?

– Négy, uram.

– Jean, nyissa ki az ajtót, és engedje be azt a négyet is!



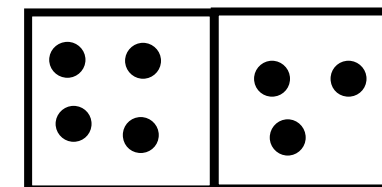
– Jean, hány **vendég** van idebent?

– Húsz, uram.

– És odakint?

– Négy, uram.

– Jean, nyissa ki az ajtót, és engedje be azt a négyet is!



1. Termodinamika

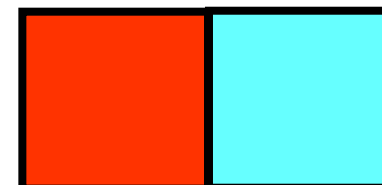
– Jean, hány fok van idebent?

– Húsz, uram.

– És odakint?

– Négy, uram.

– Jean, nyissa ki az ajtót, és engedje be azt a négyet is!



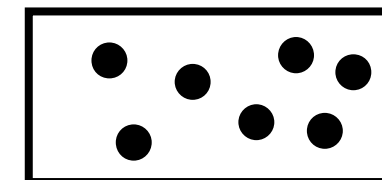
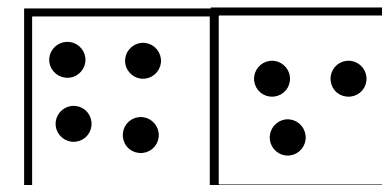
– Jean, hány **vendég** van idebent?

– Húsz, uram.

– És odakint?

– Négy, uram.

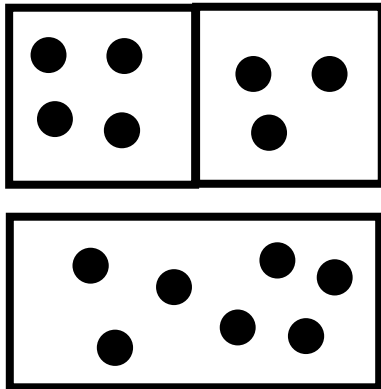
– Jean, nyissa ki az ajtót, és engedje be azt a négyet is!



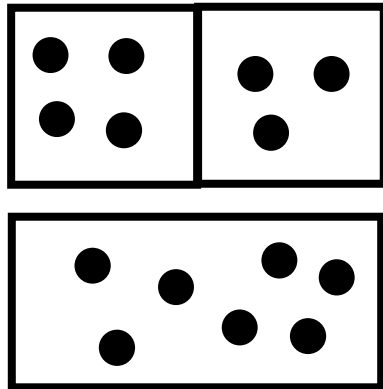
Két részrendszer egyesítése, új egyensúlyi állapot



Két részrendszer egyesítése, új egyensúlyi állapot



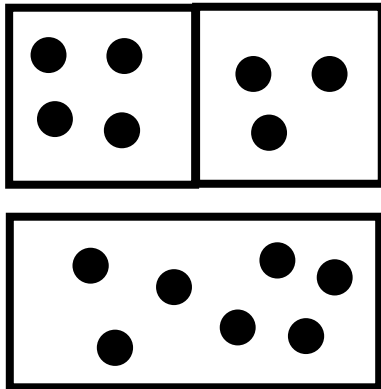
Két részrendszer egyesítése, új egyensúlyi állapot



Van, ami összeadódik:



Két részrendszer egyesítése, új egyensúlyi állapot

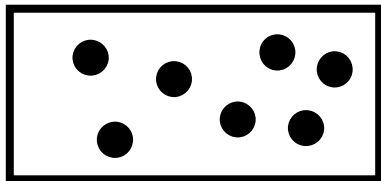
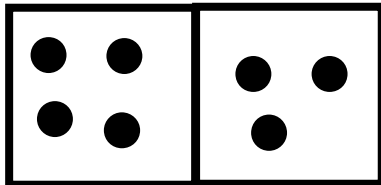


Van, ami összeadódik:

térfogat
részecskeszám
tömeg
energia
elektromos töltés
stb

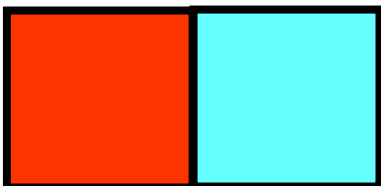


Két részrendszer egyesítése, új egyensúlyi állapot

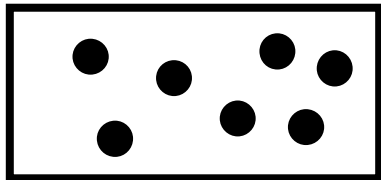
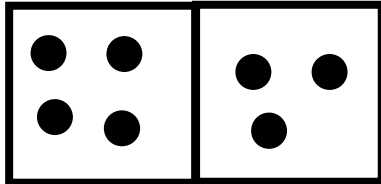


Van, ami összeadódik:

térfogat
részecskeszám
tömeg
energia
elektromos töltés
stb

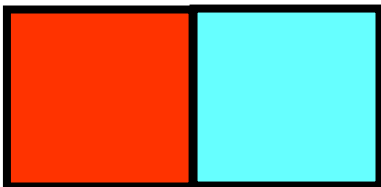


Két részrendszer egyesítése, új egyensúlyi állapot



Van, ami összeadódik:

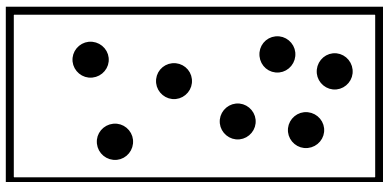
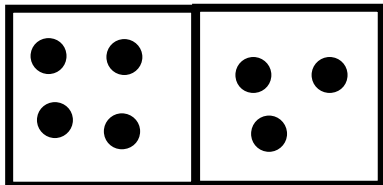
térfogat
részecskeszám
tömeg
energia
elektromos töltés
stb



Van, ami kiegyenlítődik:

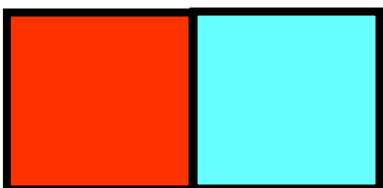


Két részrendszer egyesítése, új egyensúlyi állapot



Van, ami összeadódik:

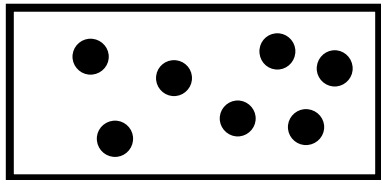
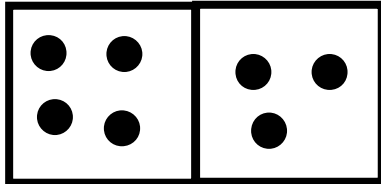
térfogat
részecskeszám
tömeg
energia
elektromos töltés
stb



Van, ami kiegyenlítődik:

nyomás
koncentráció
sűrűség
hőmérséklet
elektromos potenciál
stb

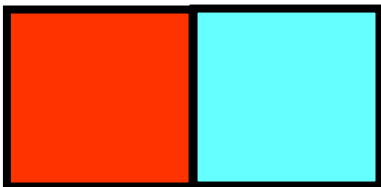
Két részrendszer egyesítése, új egyensúlyi állapot



Van, ami összeadódik:

térfogat
részecskeszám
tömeg
energia
elektromos töltés
stb

**extenzív
mennyiségek**

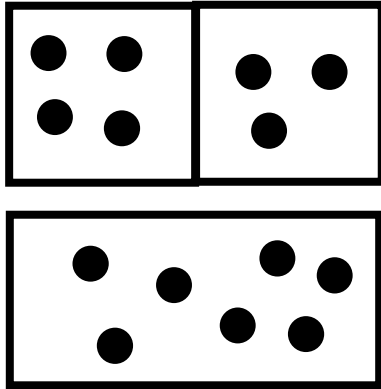


Van, ami kiegyenlítődik:

nyomás
koncentráció
sűrűség
hőmérséklet
elektromos potenciál
stb



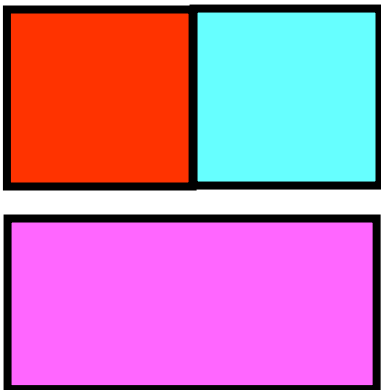
Két részrendszer egyesítése, új egyensúlyi állapot



Van, ami összeadódik:

térfogat
részecskeszám
tömeg
energia
elektromos töltés
stb

**extenzív
mennyiségek**



Van, ami kiegyenlítődik:

nyomás
koncentráció
sűrűség
hőmérséklet
elektromos potenciál
stb

**intenzív
mennyiségek**



A termodinamika I. főtétele:



A termodinamika I. főtétele: **energiamegmaradás**



A termodinamika I. főtétele: **energiamegmaradás**

mechanikai energia



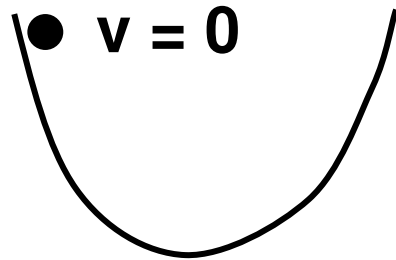
A termodinamika I. főtétele: **energiamegmaradás**

mechanikai energia (Huygens)



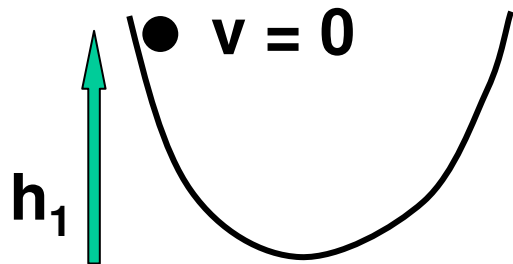
A termodinamika I. főtétele: **energiamegmaradás**

mechanikai energia (Huygens)



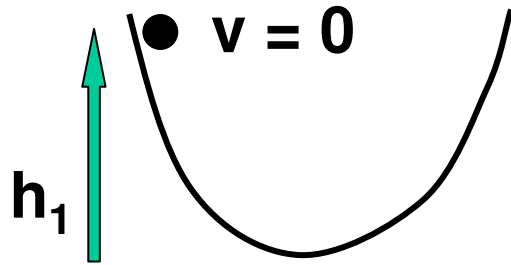
A termodinamika I. főtétele: **energiamegmaradás**

mechanikai energia (Huygens)



A termodinamika I. főtétele: **energiamegmaradás**

mechanikai energia (Huygens)

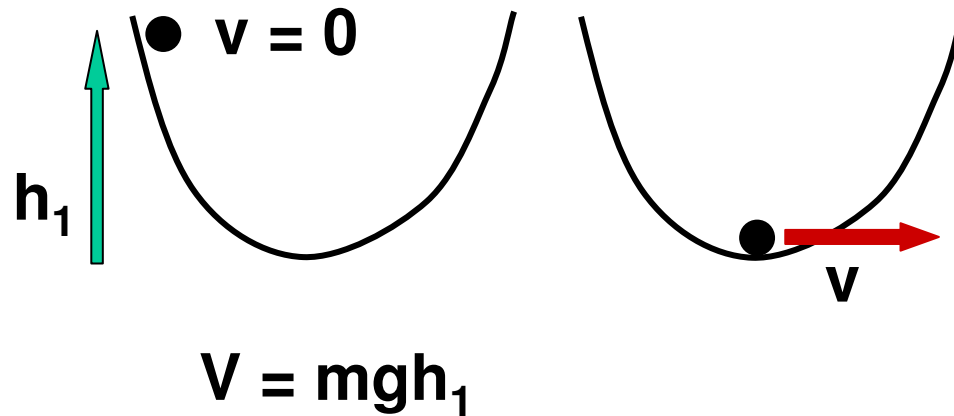


$$V = mgh_1$$



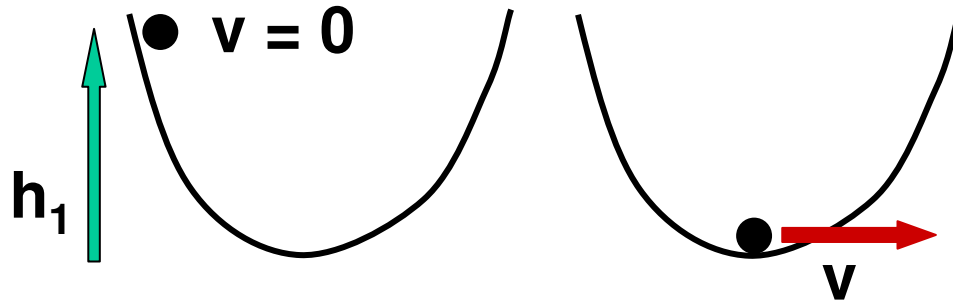
A termodinamika I. főtétele: **energiamegmaradás**

mechanikai energia (Huygens)



A termodinamika I. főtétele: **energiamegmaradás**

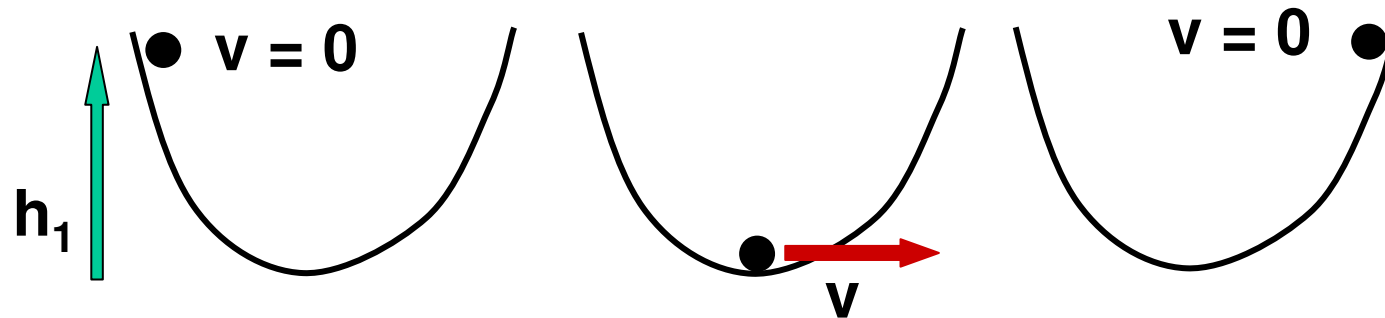
mechanikai energia (Huygens)



$$V = mgh_1 = K = mv^2/2$$

A termodinamika I. főtétele: **energiamegmaradás**

mechanikai energia (Huygens)

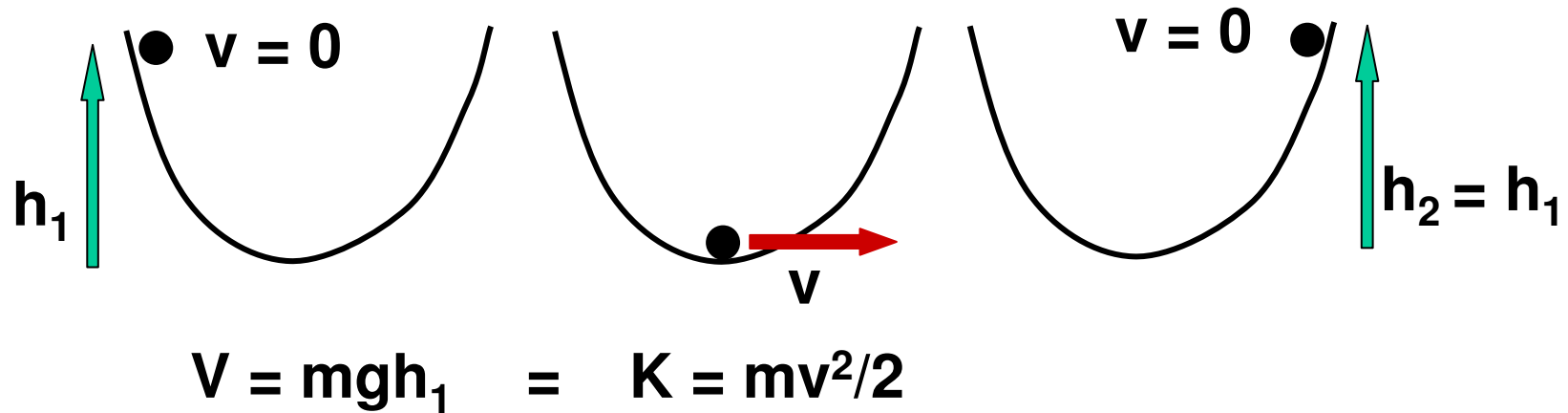


$$V = mgh_1 = K = mv^2/2$$



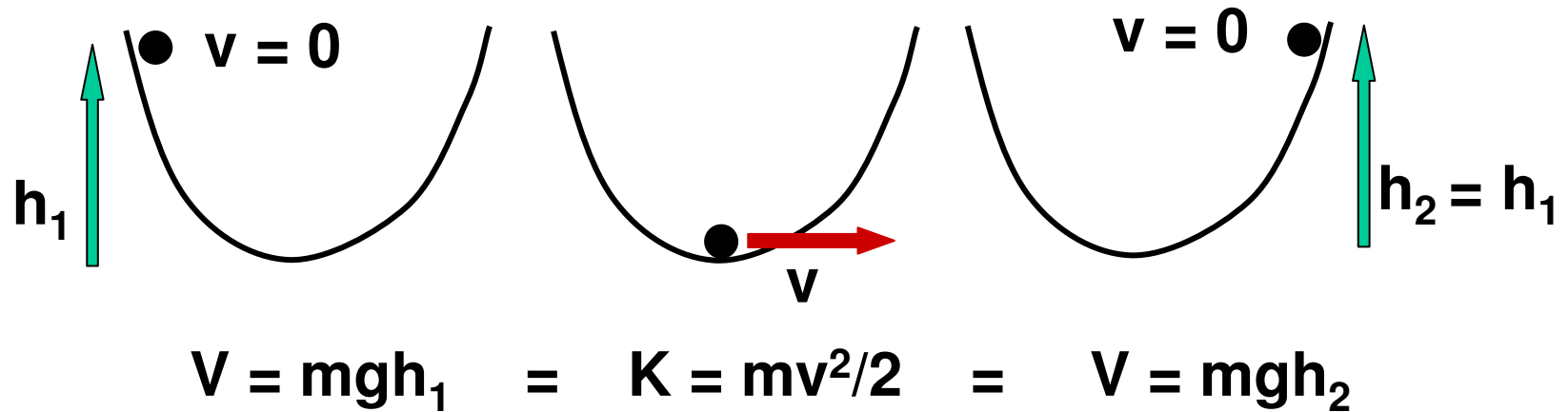
A termodinamika I. főtétele: **energiamegmaradás**

mechanikai energia (Huygens)



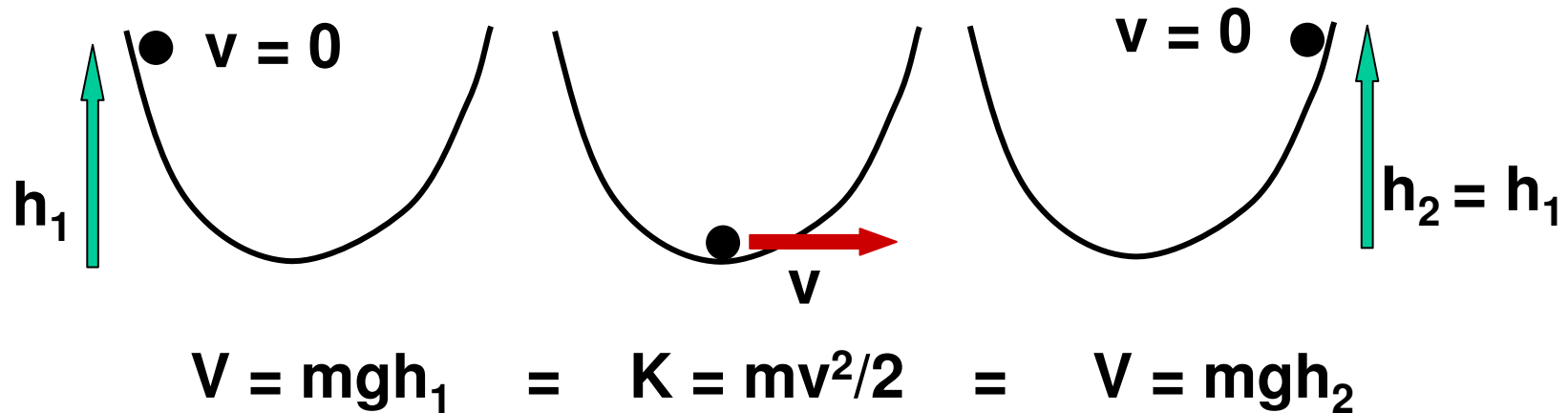
A termodinamika I. főtétele: **energiamegmaradás**

mechanikai energia (Huygens)



A termodinamika I. főtétele: energiamegmaradás

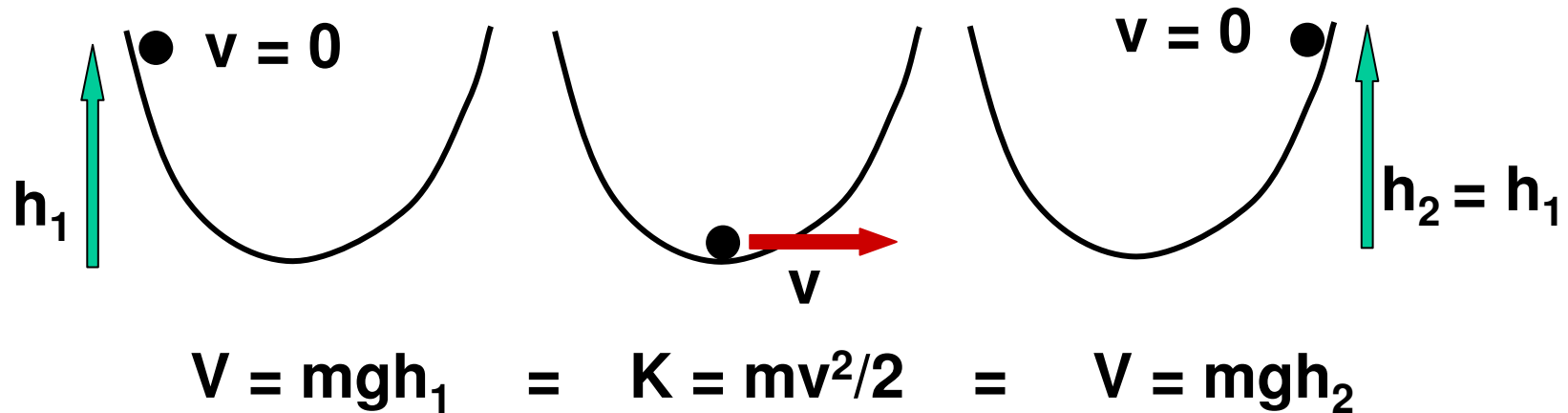
mechanikai energia (Huygens)



Elsőfajú örökmozgó

A termodinamika I. főtétele: **energiamegmaradás**

mechanikai energia (Huygens)

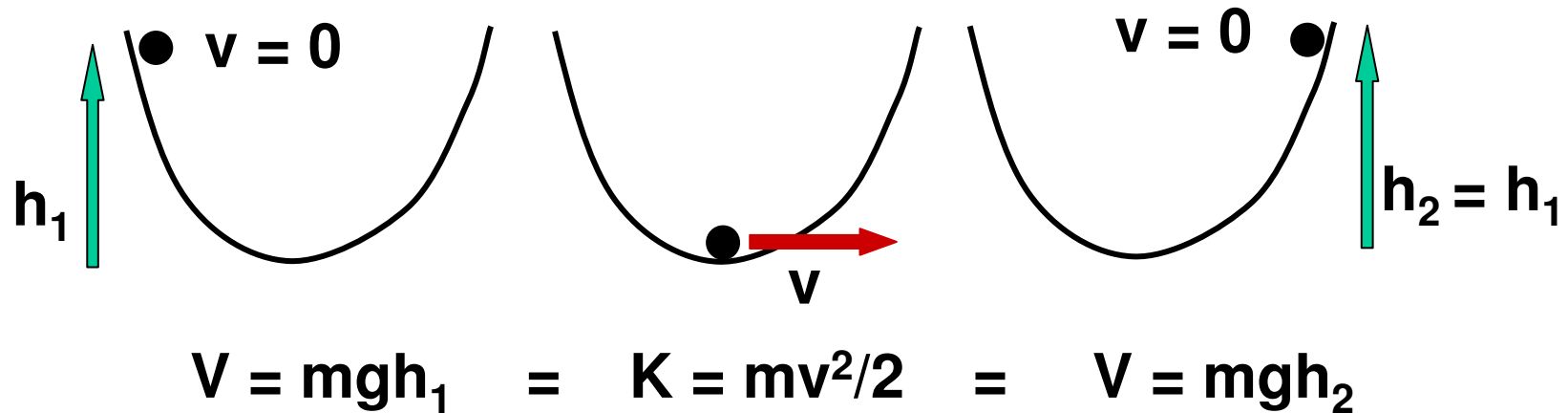


Elsőfajú örökmozgó (**lenne...**)

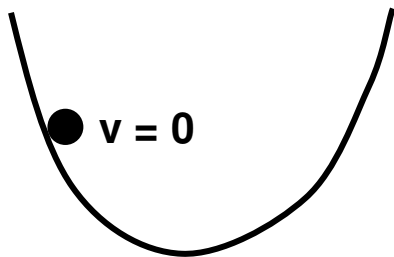


A termodinamika I. főtétele: **energiamegmaradás**

mechanikai energia (Huygens)

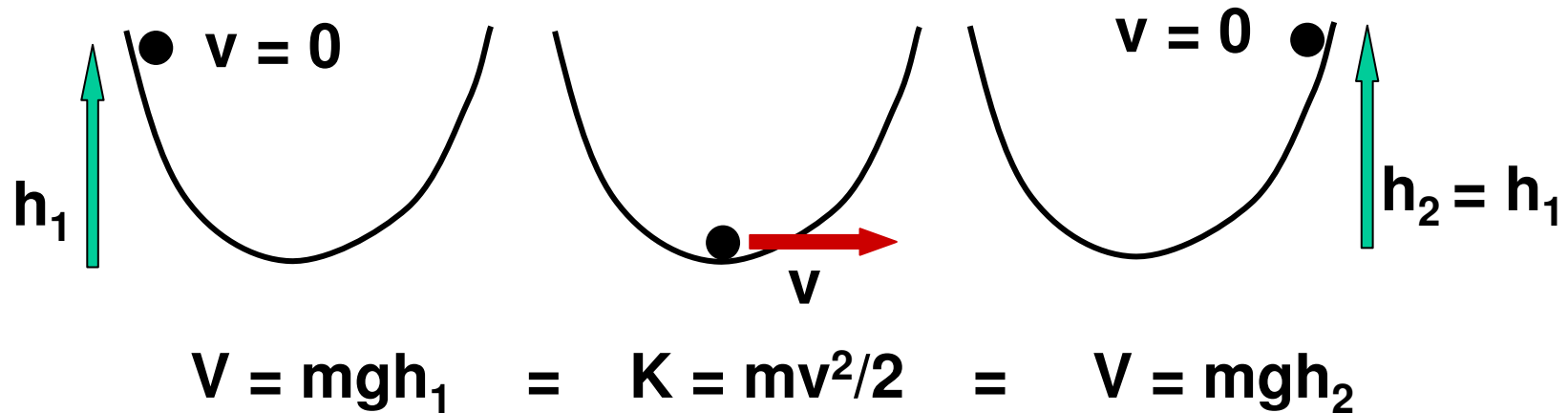


Elsőfajú örökmozgó (**lenne...**)

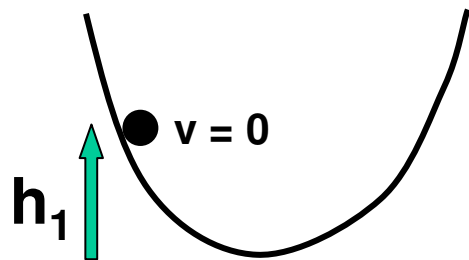


A termodinamika I. főtétele: energiamegmaradás

mechanikai energia (Huygens)

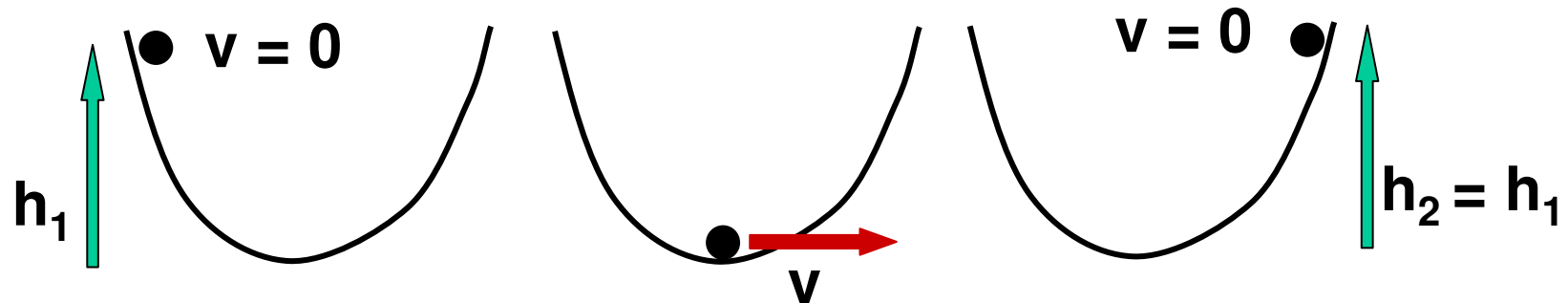


Elsőfajú örökmozgó (lenne...)



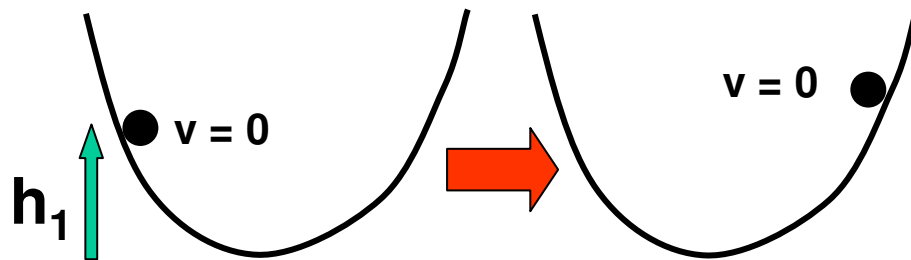
A termodinamika I. főtétele: **energiamegmaradás**

mechanikai energia (Huygens)



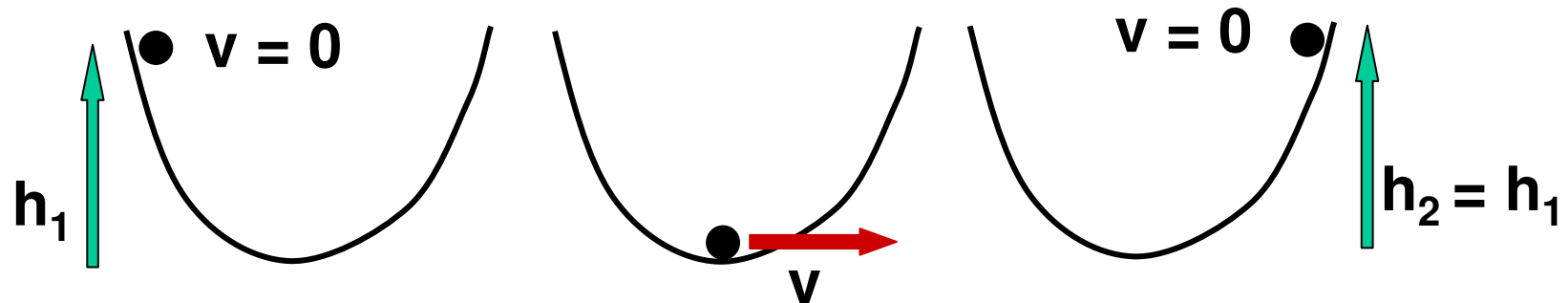
$$V = mgh_1 = K = mv^2/2 = V = mgh_2$$

Elsőfajú örökmozgó (lenne...)



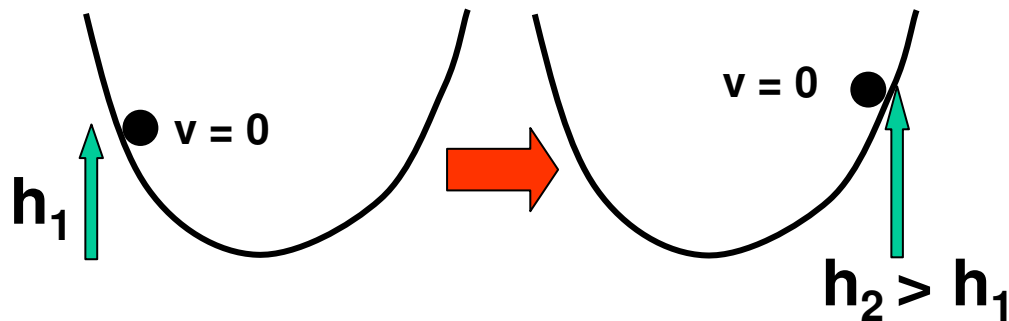
A termodinamika I. főtétele: **energiamegmaradás**

mechanikai energia (Huygens)



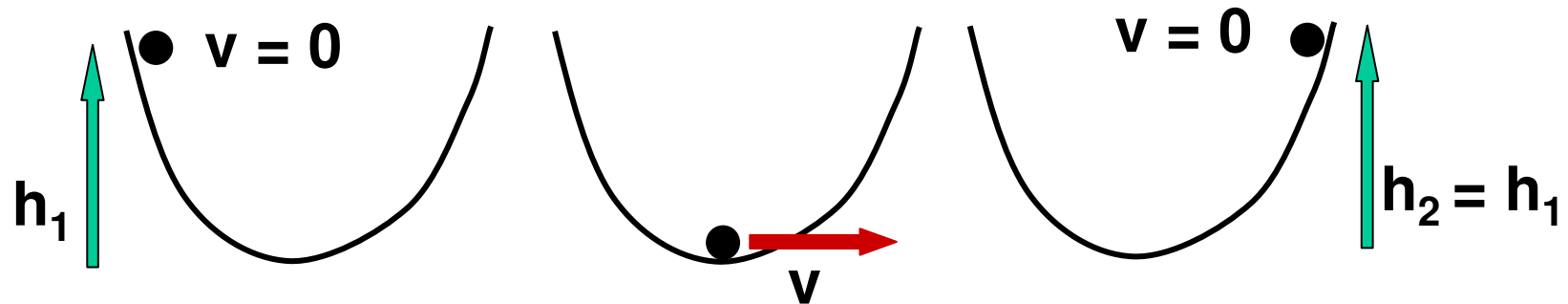
$$V = mgh_1 = K = mv^2/2 = V = mgh_2$$

Elsőfajú örökmozgó (lenne...)



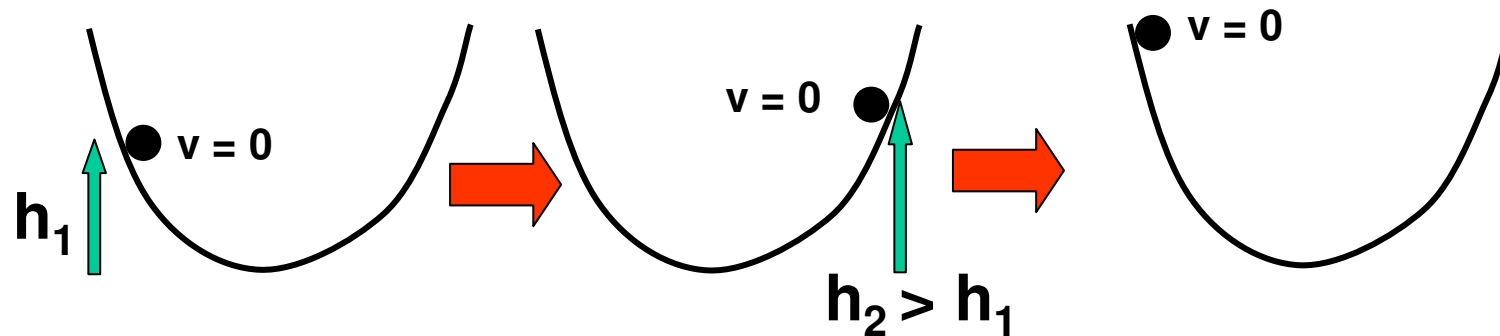
A termodinamika I. főtétele: **energiamegmaradás**

mechanikai energia (Huygens)



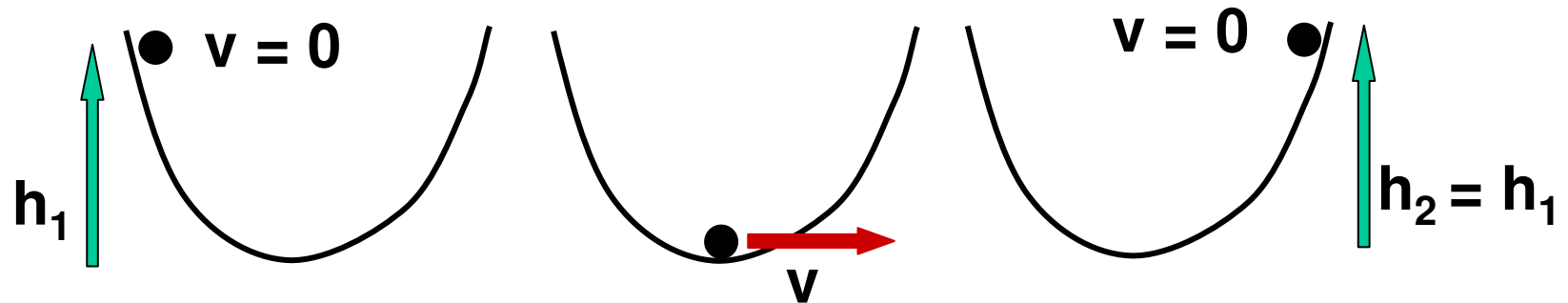
$$V = mgh_1 = K = mv^2/2 = V = mgh_2$$

Elsőfajú örökmozgó (lenne...)



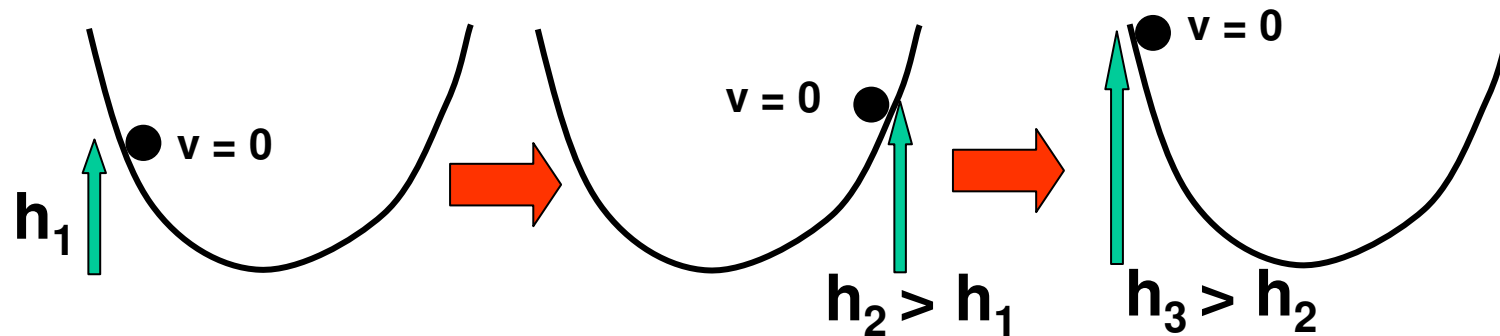
A termodinamika I. főtétele: **energiamegmaradás**

mechanikai energia (Huygens)



$$V = mgh_1 = K = mv^2/2 = V = mgh_2$$

Elsőfajú örökmozgó (lenne...)



További energiatípusok:



További energiatípusok:

hőenergia

kémiai energia

nukleáris energia

elektromos energia

stb



További energiatípusok:

hőenergia
kémiai energia
nukleáris energia
elektromos energia
stb

a XIX. században
kiterjesztették az
energiamegmaradás tételét
az **ÖSSZES** energiatípus
összegére



További energiatípusok:

hőenergia
kémiai energia
nukleáris energia
elektromos energia
stb

a XIX. században
kiterjesztették az
energiamegmaradás tételét
az **ÖSSZES** energiatípus
összegére

Elsőfajú örökmozgó



További energiatípusok:

hőenergia
kémiai energia
nukleáris energia
elektromos energia
stb

a XIX. században
kiterjesztették az
energiamegmaradás tételét
az **ÖSSZES** energiatípus
összegére

Elsőfajú örökmozgó (lenne...) :



További energiatípusok:

hőenergia
kémiai energia
nukleáris energia
elektromos energia
stb

a XIX. században
kiterjesztették az
energiamegmaradás tételét
az **ÖSSZES** energiatípus
összegére

Elsőfajú örökmozgó (lenne...) : Karcsi bácsi szuperautója

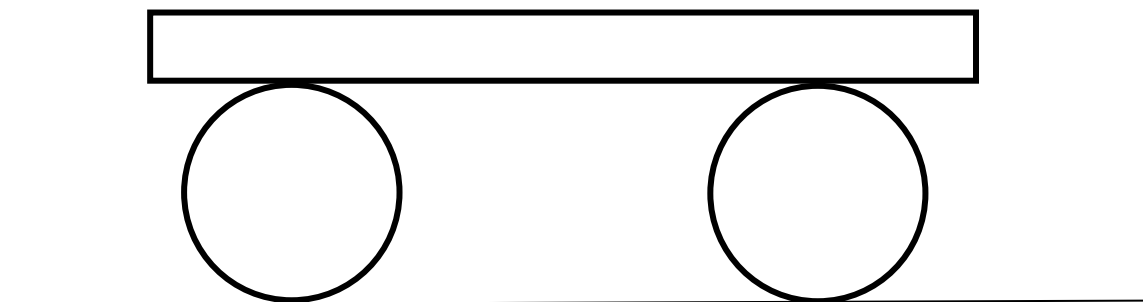


További energiatípusok:

hőenergia
kémiai energia
nukleáris energia
elektromos energia
stb

a XIX. században
kiterjesztették az
energiamegmaradás tételét
az **ÖSSZES** energiatípus
összegére

Elsőfajú örökmozgó (lenne...) : Karcsi bácsi szuperautója

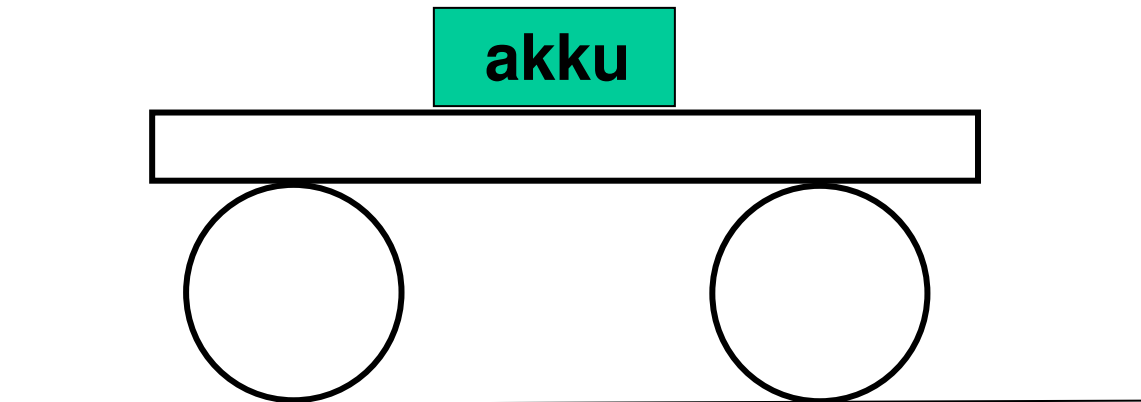


További energiatípusok:

hőenergia
kémiai energia
nukleáris energia
elektromos energia
stb

a XIX. században
kiterjesztették az
energiamegmaradás tételét
az **ÖSSZES** energiatípus
összegére

Elsőfajú örökmozgó (lenne...) : Karcsi bácsi szuperautója

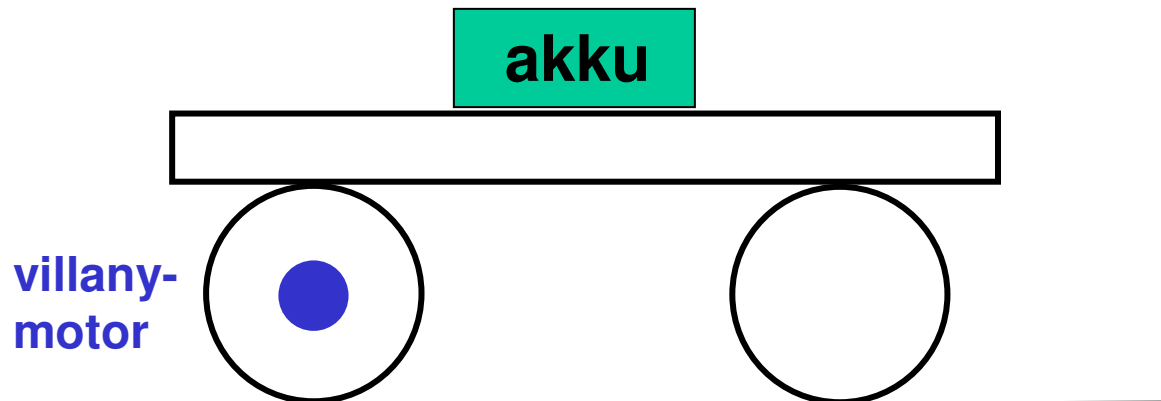


További energiatípusok:

hőenergia
kémiai energia
nukleáris energia
elektromos energia
stb

a XIX. században
kiterjesztették az
energiamegmaradás tételét
az **ÖSSZES** energiatípus
összegére

Elsőfajú örökmozgó (lenne...) : Karcsi bácsi szuperautója

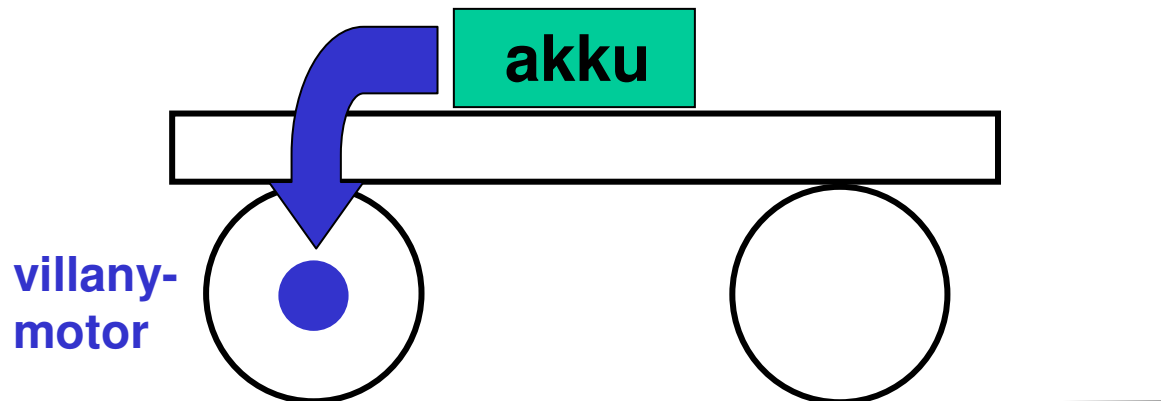


További energiatípusok:

hőenergia
kémiai energia
nukleáris energia
elektromos energia
stb

a XIX. században
kiterjesztették az
energiamegmaradás tételét
az **ÖSSZES** energiatípus
összegére

Elsőfajú örökmozgó (lenne...) : Karcsi bácsi szuperautója

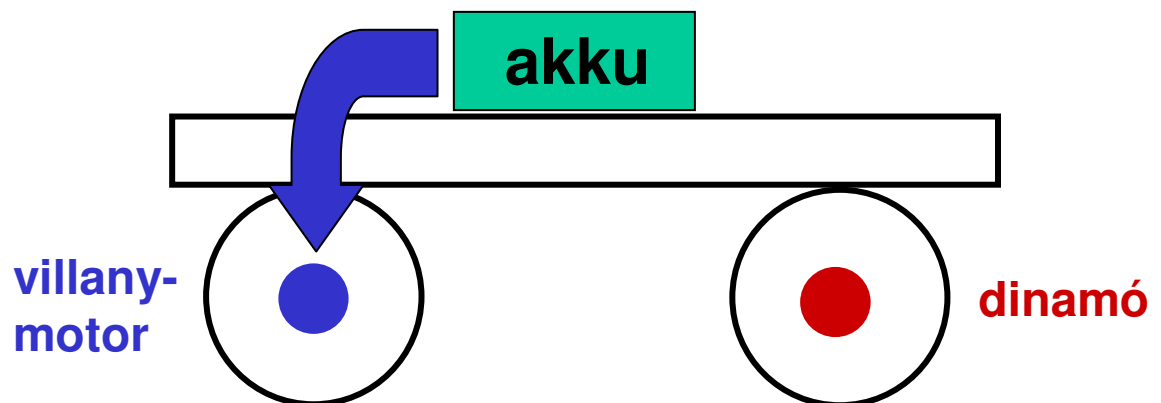


További energiatípusok:

hőenergia
kémiai energia
nukleáris energia
elektromos energia
stb

a XIX. században
kiterjesztették az
energiamegmaradás tételét
az **ÖSSZES** energiatípus
összegére

Elsőfajú örökmozgó (lenne...) : Karcsi bácsi superautója

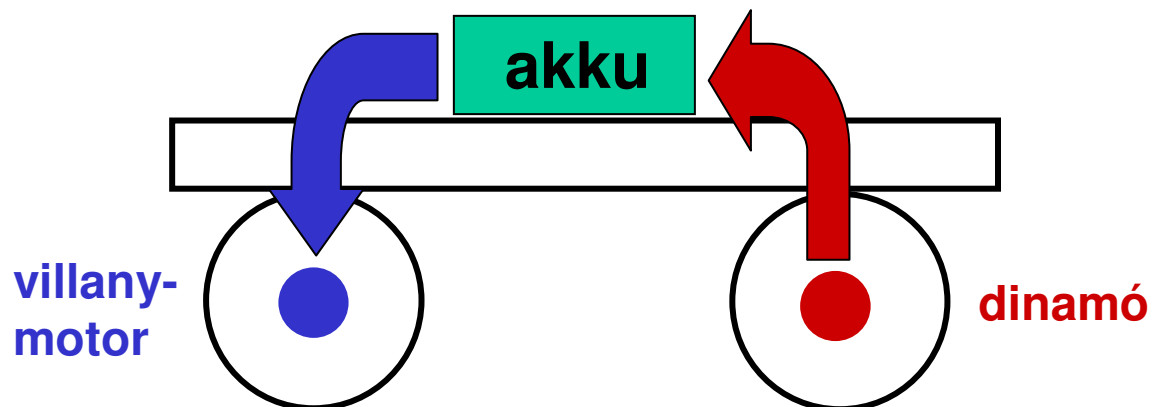


További energiatípusok:

hőenergia
kémiai energia
nukleáris energia
elektromos energia
stb

a XIX. században
kiterjesztették az
energiamegmaradás tételét
az **ÖSSZES** energiatípus
összegére

Elsőfajú örökmozgó (lenne...) : Karcsi bácsi superautója

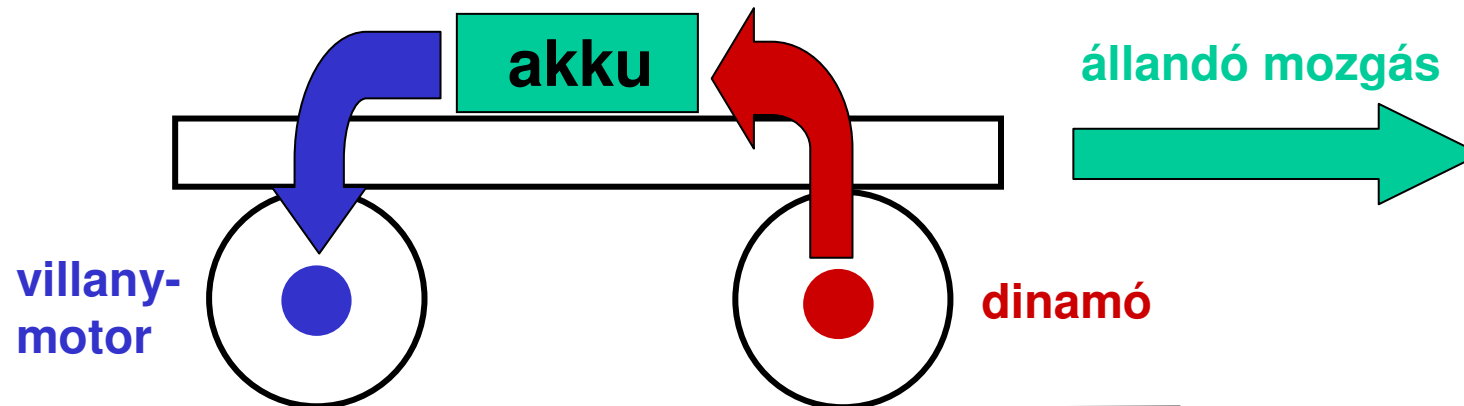


További energiatípusok:

hőenergia
kémiai energia
nukleáris energia
elektromos energia
stb

a XIX. században
kiterjesztették az
energiamegmaradás tételét
az **ÖSSZES** energiatípus
összegére

Elsőfajú örökmozgó (lenne...) : Karcsi bácsi superautója

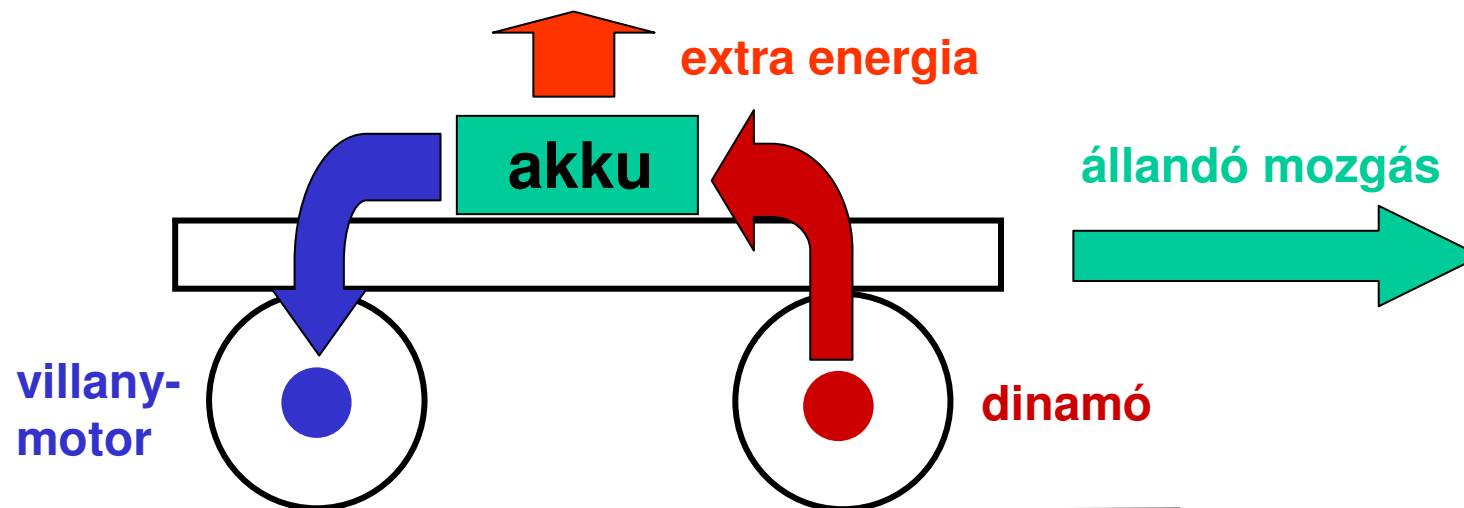


További energiatípusok:

hőenergia
kémiai energia
nukleáris energia
elektromos energia
stb

a XIX. században
kiterjesztették az
energiamegmaradás tételét
az **ÖSSZES** energiatípus
összegére

Elsőfajú örökmozgó (lenne...) : Karcsi bácsi superautója



Ezt a gépet viszont **nem titja** az első főtétel:



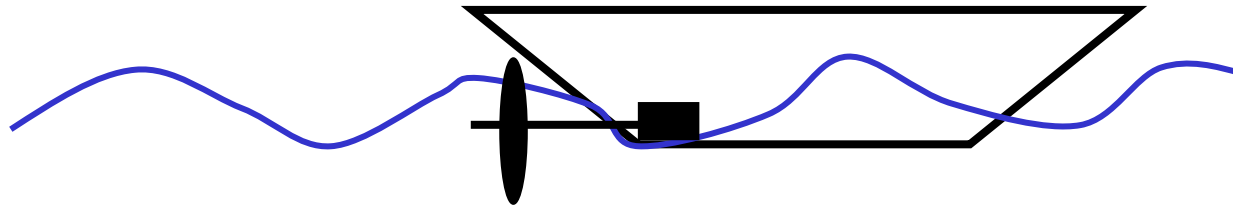
Ezt a gépet viszont **nem titja** az első főtétel: **Pista bácsi szuperhajója**



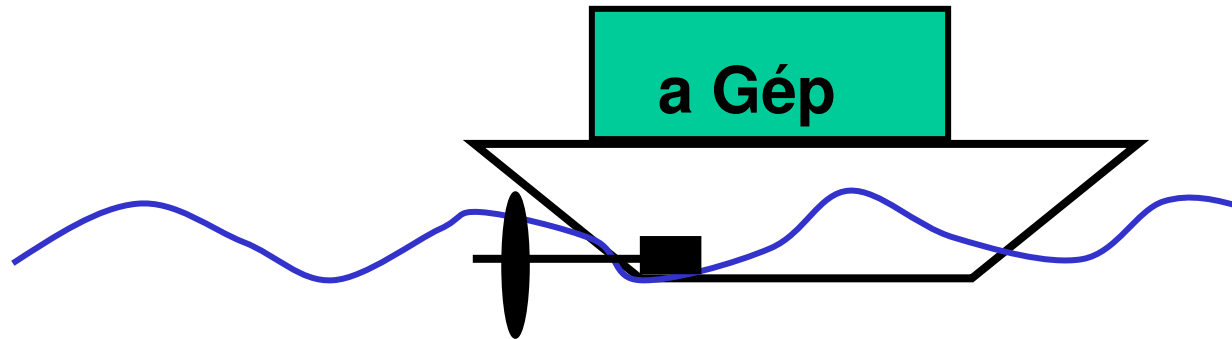
Ezt a gépet viszont **nem titja** az első főtétel: **Pista bácsi szuperhajója**



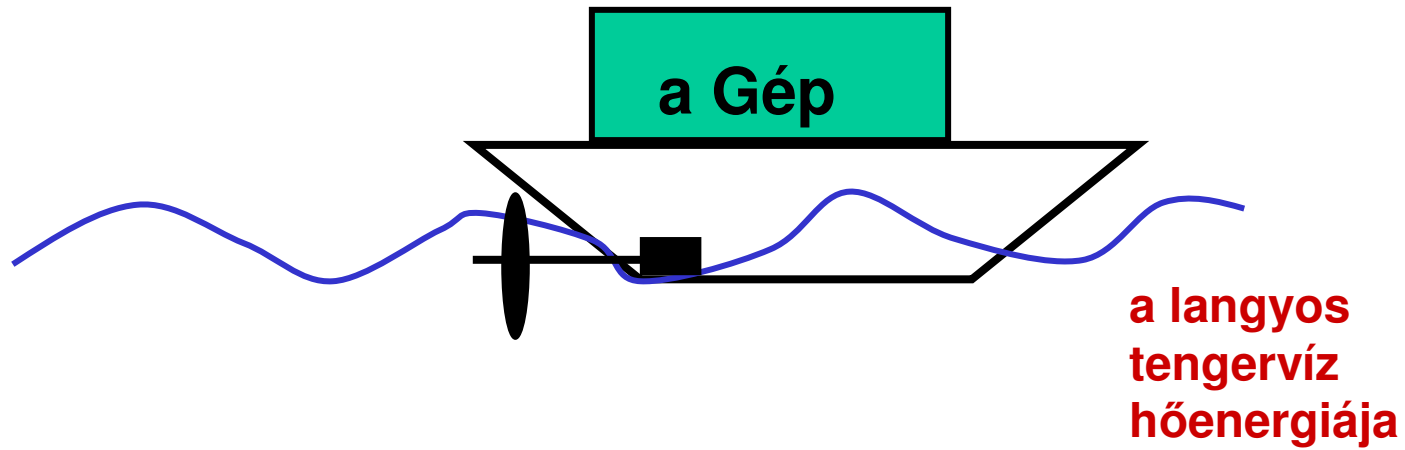
Ezt a gépet viszont **nem titja** az első főtétel: **Pista bácsi szuperhajója**



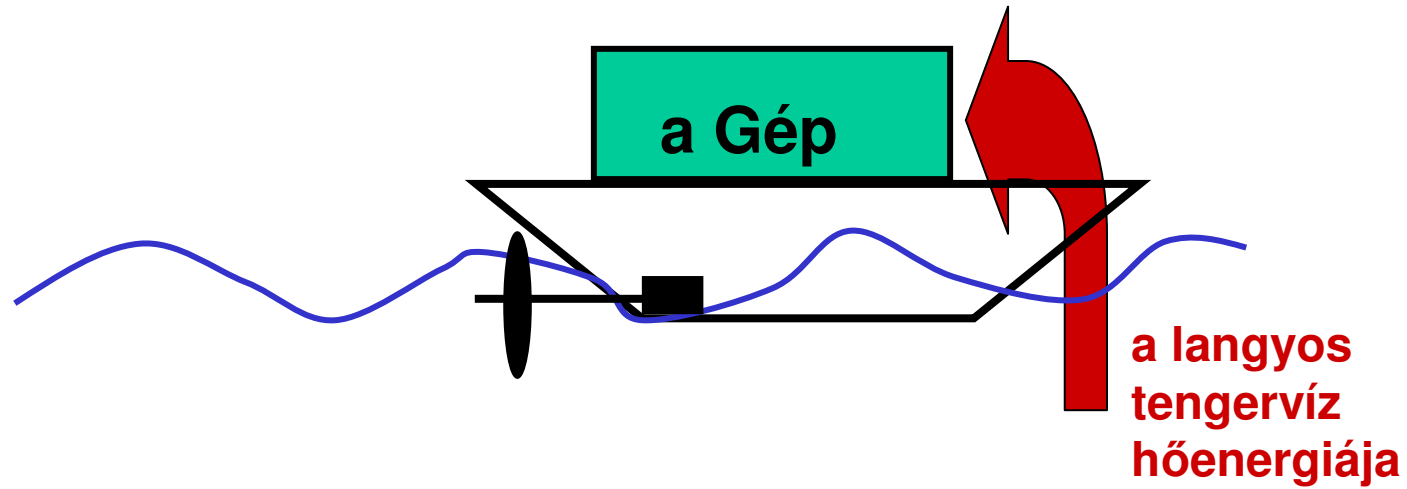
Ezt a gépet viszont **nem titja** az első főtétel: **Pista bácsi szuperhajója**



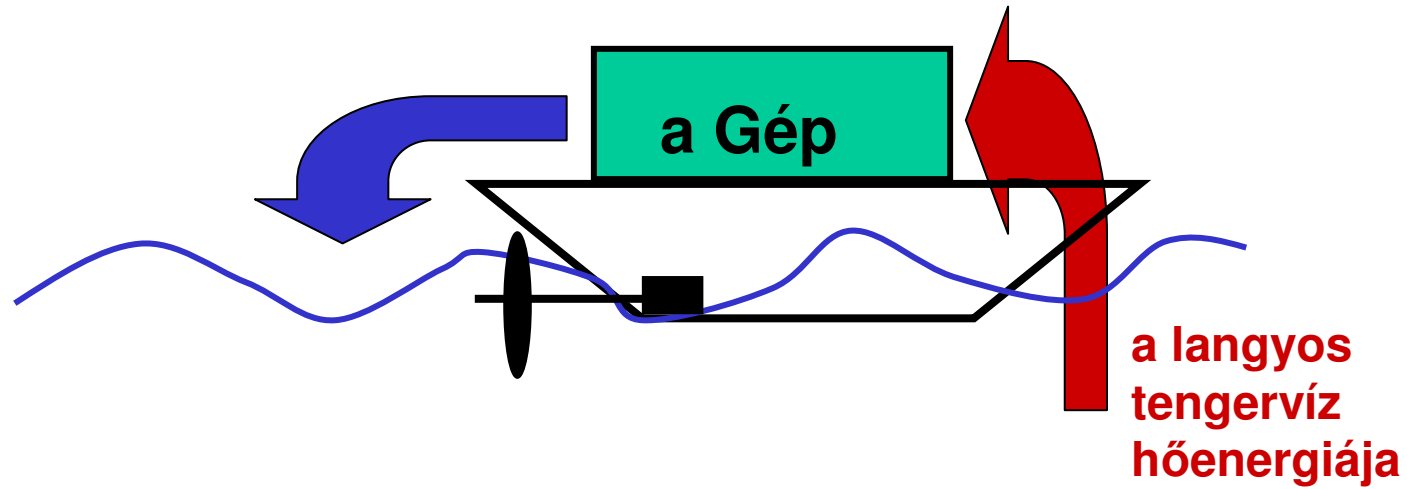
Ezt a gépet viszont **nem titja** az első főtétel: **Pista bácsi szuperhajója**



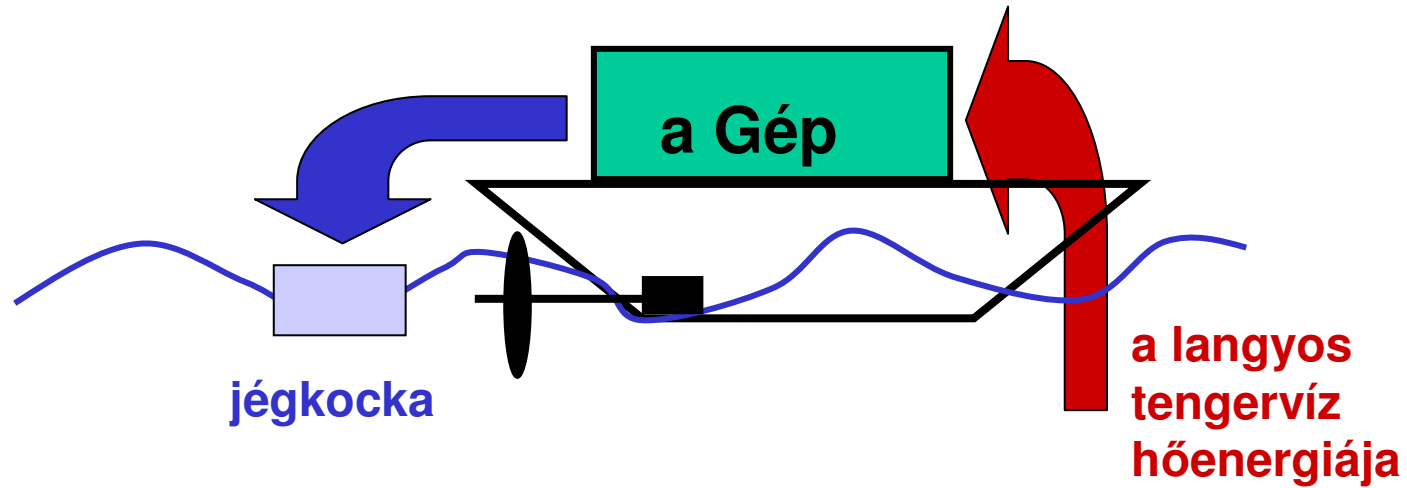
Ezt a gépet viszont **nem titja** az első főtétel: **Pista bácsi superhajója**



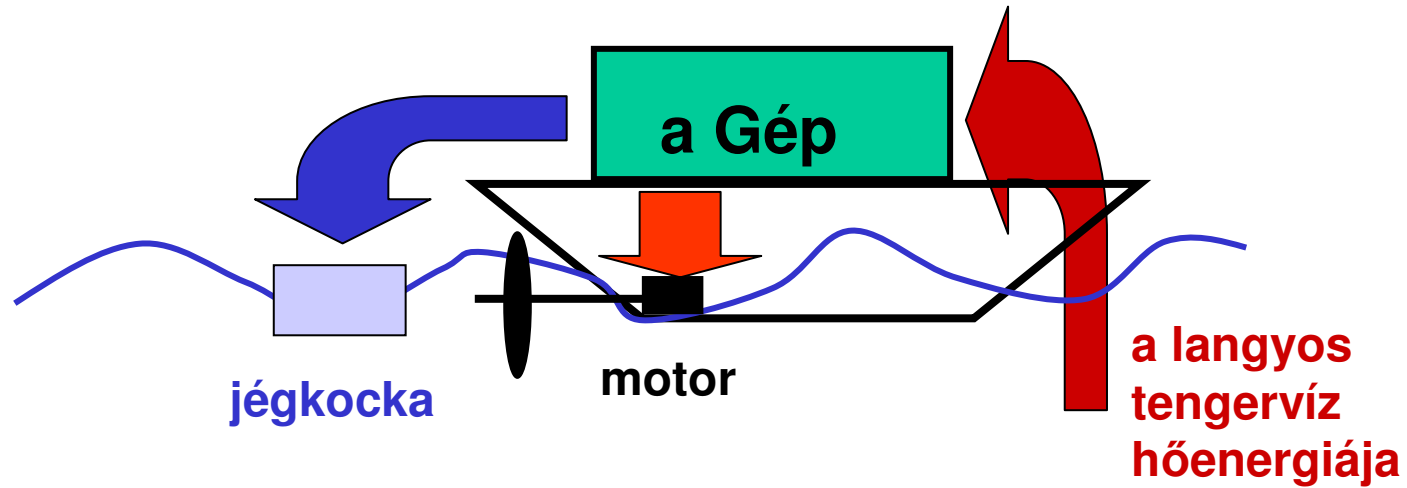
Ezt a gépet viszont **nem titja** az első főtétel: **Pista bácsi superhajója**



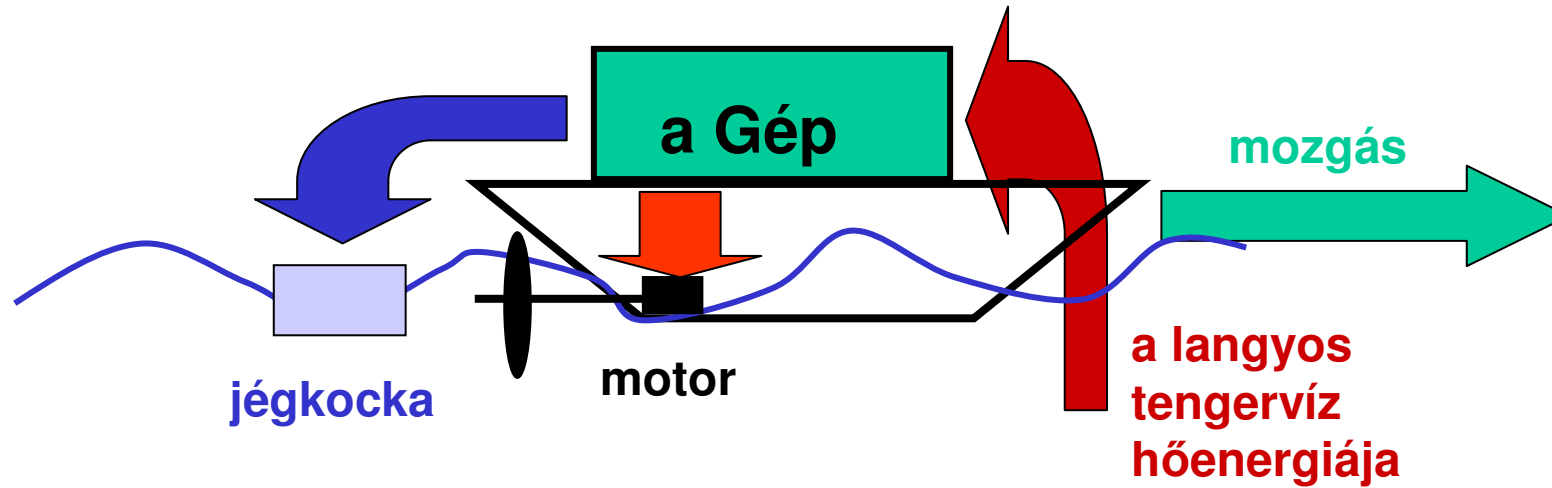
Ezt a gépet viszont **nem titja** az első főtétel: **Pista bácsi szuperhajója**



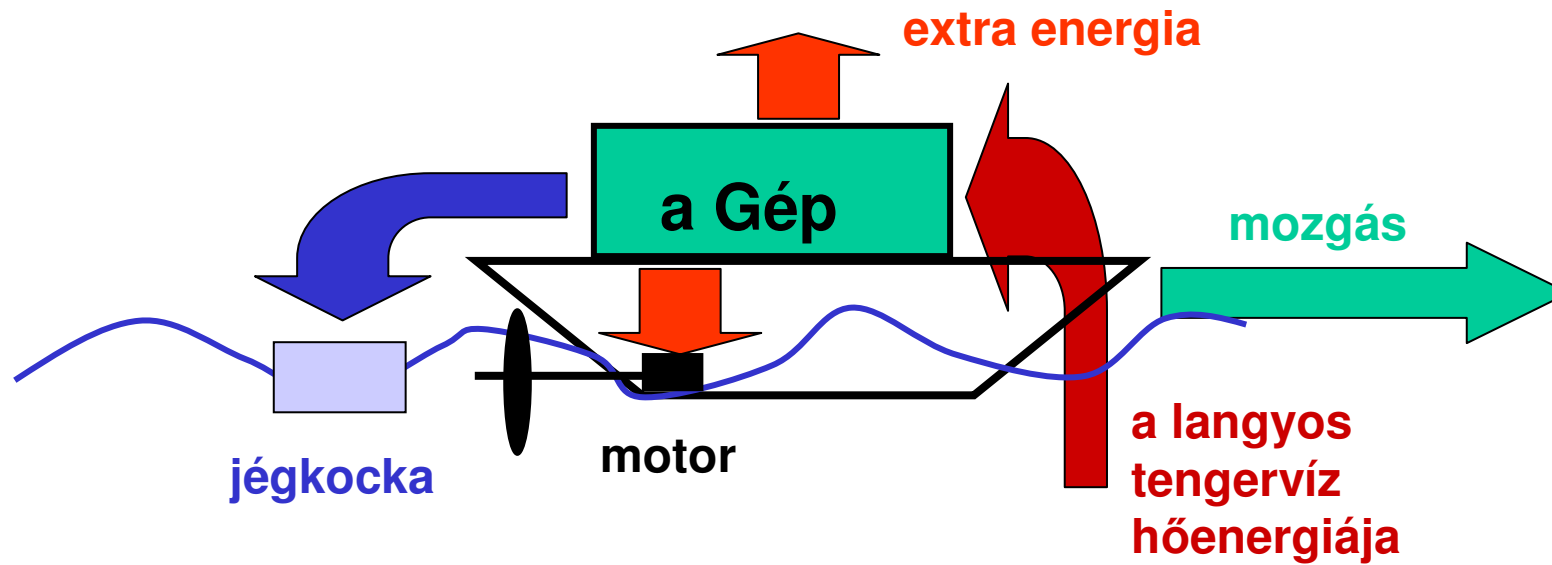
Ezt a gépet viszont **nem titja** az első főtétel: **Pista bácsi szuperhajója**



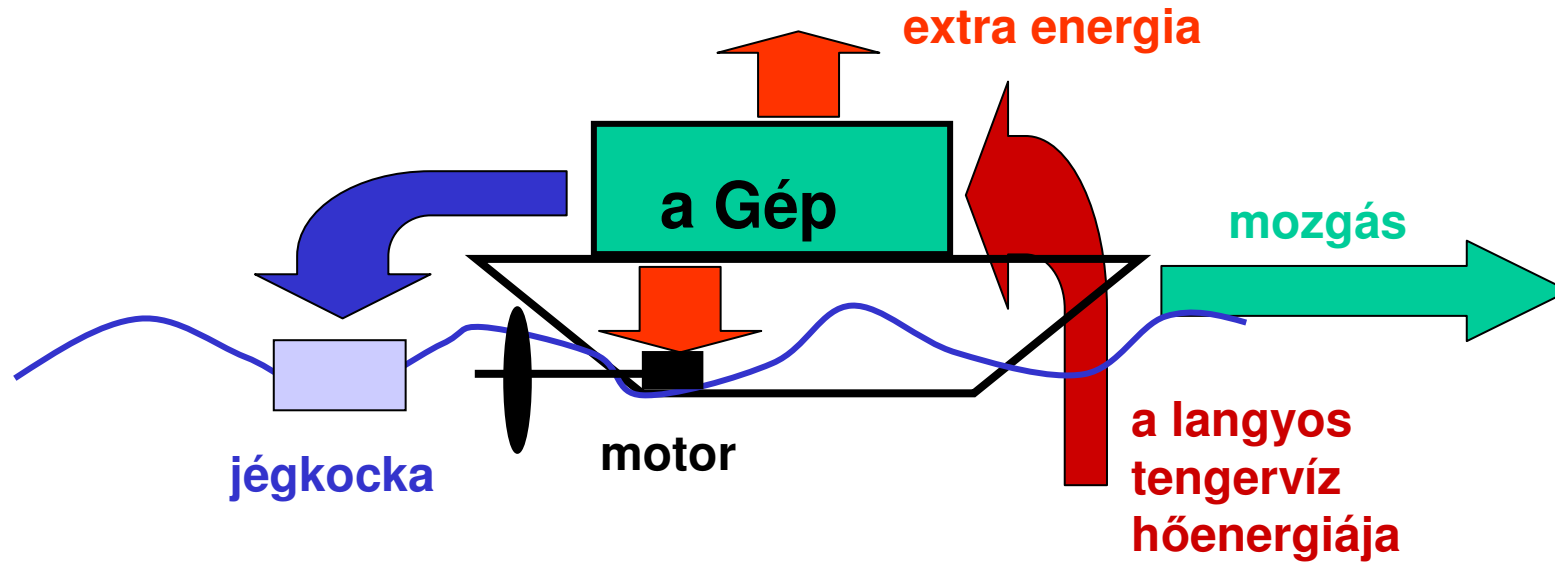
Ezt a gépet viszont **nem titja** az első főtétel: **Pista bácsi superhajója**



Ezt a gépet viszont **nem titja** az első főtétel: **Pista bácsi szuperhajója**

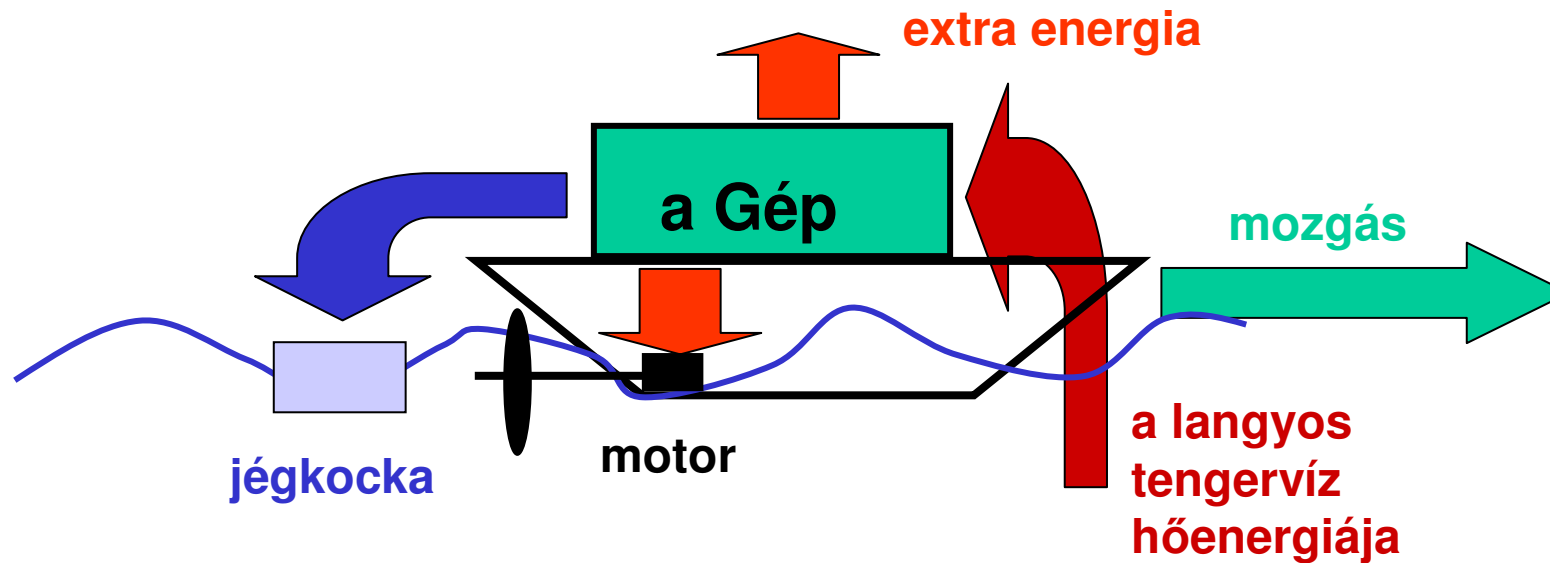


Ezt a gépet viszont **nem tiltja** az első főtétel: **Pista bácsi szuperhajója**



De tiltja a **MÁSODIK FŐTÉTEL**:

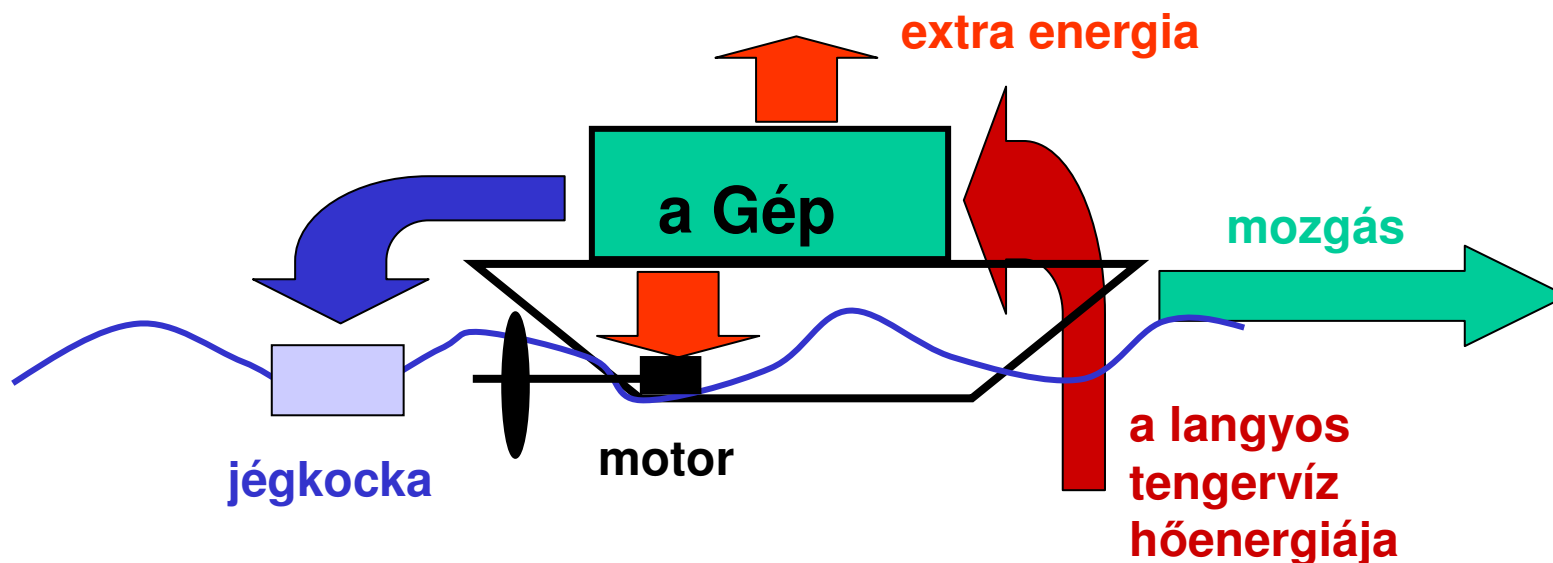
Ezt a gépet viszont **nem tiltja** az első főtétel: **Pista bácsi szuperhajója**



De tiltja a **MÁSODIK FŐTÉTEL**:

- A hő nem megy magától az alacsonyabb hőmérsékletű helyről a magasabbra

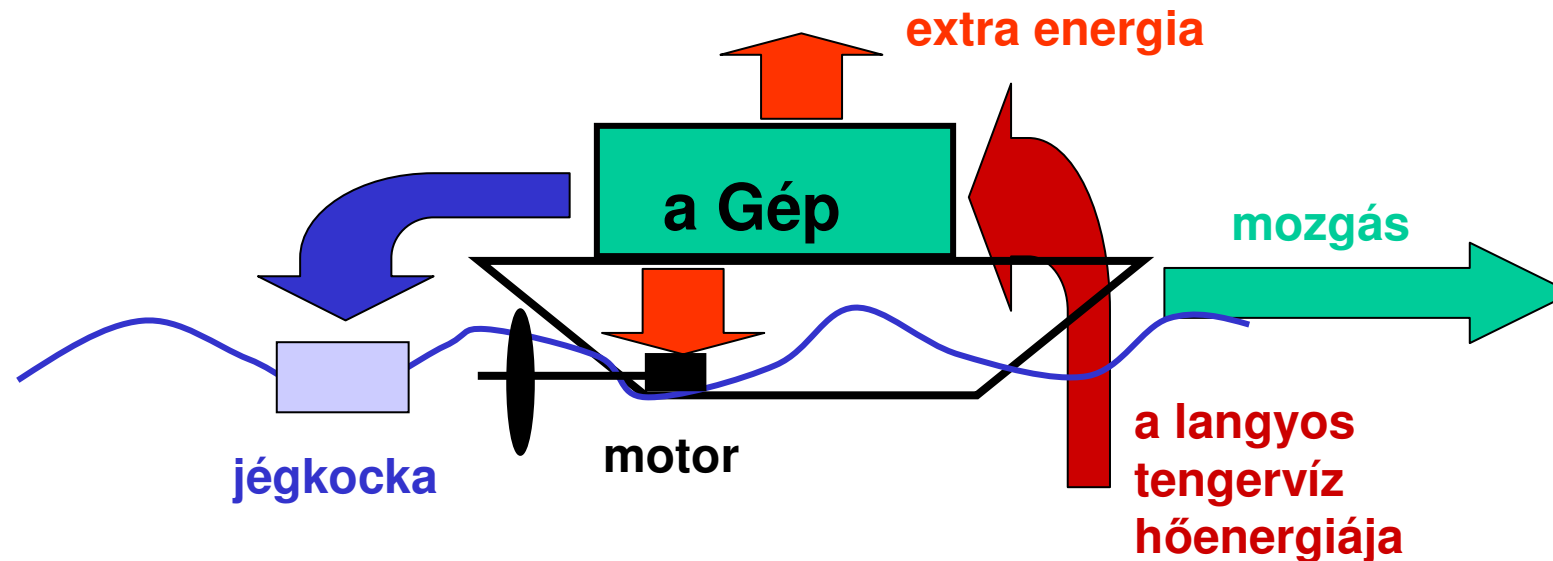
Ezt a gépet viszont **nem tiltja** az első főtétel: **Pista bácsi szuperhajója**



De tiltja a **MÁSODIK FŐTÉTEL**:

- A hő nem megy magától az alacsonyabb hőmérsékletű helyről a magasabbra
- Egy hőtartállyal nem lehet hőerőgépet készíteni

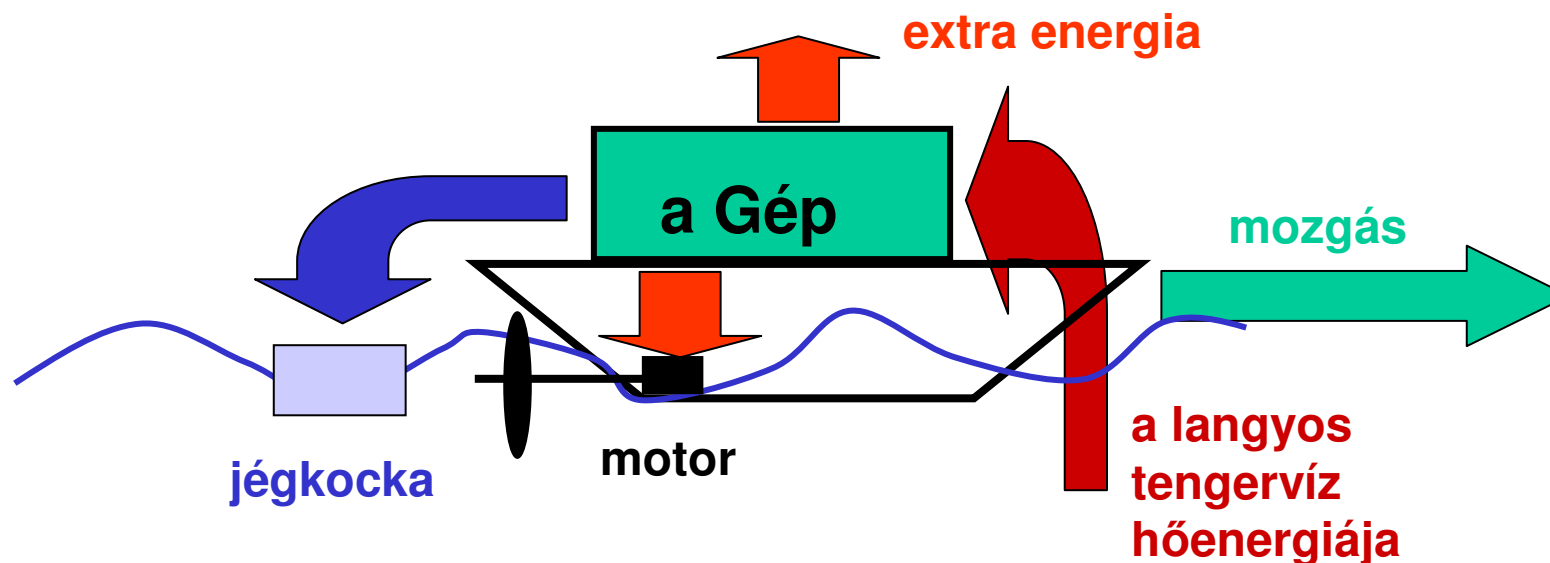
Ezt a gépet viszont **nem tiltja** az első főtétel: **Pista bácsi szuperhajója**



De tiltja a **MÁSODIK FŐTÉTEL**:

- A hő nem megy magától az alacsonyabb hőmérsékletű helyről a magasabbra
- Egy hőtartállyal nem lehet hőerőgépet készíteni
- Egy langyos testből nem lesz magától egy forró és egy hideg test

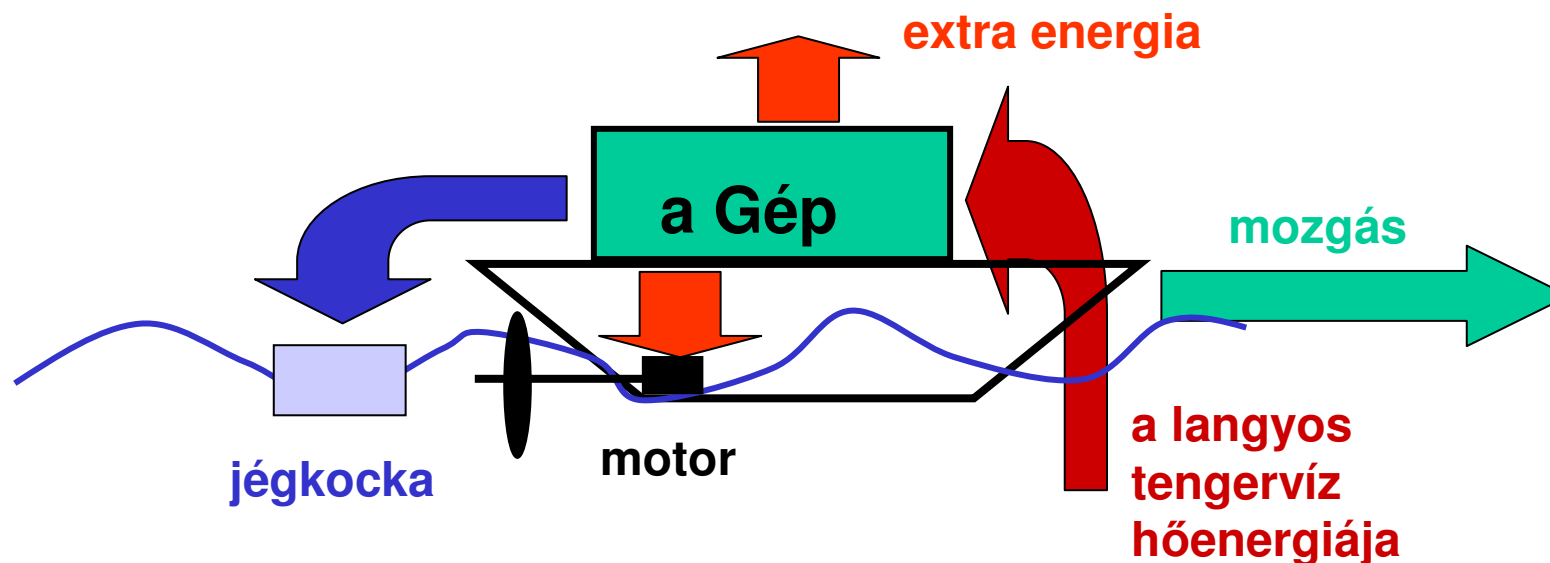
Ezt a gépet viszont **nem tiltja** az első főtétel: **Pista bácsi szuperhajója**



De tiltja a **MÁSODIK FŐTÉTEL**:

- A hő nem megy magától az alacsonyabb hőmérsékletű helyről a magasabbra
- Egy hőtartállyal nem lehet hőerőgépet készíteni
- Egy langyos testből nem lesz magától egy forró és egy hideg test
- A rendezetlenség (entrópia) sohasem csökken, mindig nő

Ezt a gépet viszont **nem tiltja** az első főtétel: **Pista bácsi superhajója**



De tiltja a **MÁSODIK FŐTÉTEL**:

- A hő nem megy magától az alacsonyabb hőmérsékletű helyről a magasabbra
- Egy hőtartállyal nem lehet hőerőgépet készíteni
- Egy langyos testből nem lesz magától egy forró és egy hideg test
- A rendezetlenség (entrópia) sohasem csökken, mindig nő
- stb



Termodinamikai egyensúly



Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtétel mikroszkópikus mechanizmusa



Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtétel mikroszkópikus mechanizmusa

egymást **NEM** kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok



Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtétel mikroszkópikus mechanizmusa

egymást **NEM** kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

egymást kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok



Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtétel mikroszkópikus mechanizmusa

egymást **NEM** kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus változás

egymást kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok



Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtétele mikroszkópikus mechanizmusa

egymást **NEM** kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus változás

egymást kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus nyugalom



Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtétele mikroszkópikus mechanizmusa

egymást **NEM** kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus változás



egymást kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus nyugalom

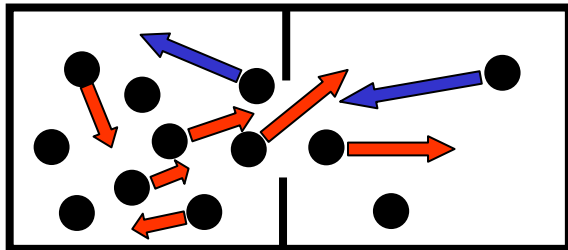


Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtétele mikroszkópikus mechanizmusa

egymást **NEM** kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus változás



egymást kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

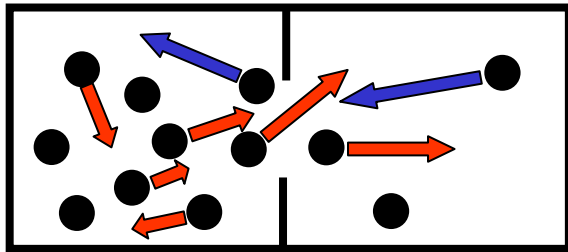
makroszkópikus nyugalom

Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtétel mikroszkópikus mechanizmusa

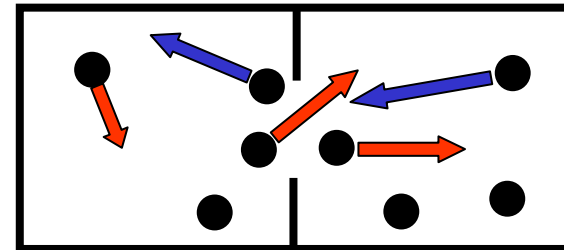
egymást **NEM** kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus változás



egymást kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus nyugalom

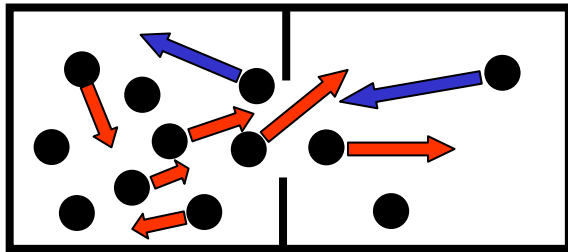


Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtétele mikroszkópikus mechanizmusa

egymást **NEM** kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

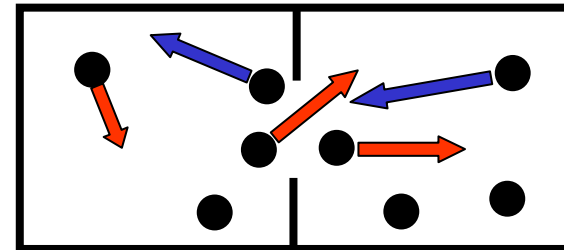
makroszkópikus változás



nincs egyensúly:

egymást kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus nyugalom

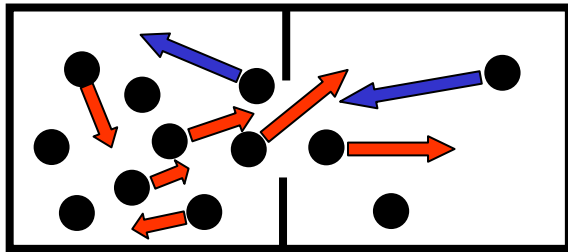


Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtételek mikroszkópikus mechanizmusa

egymást **NEM** kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

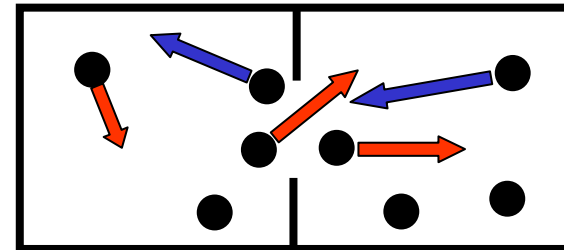
makroszkópikus változás



nincs egyensúly: aszimmetria:

egymást kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus nyugalom

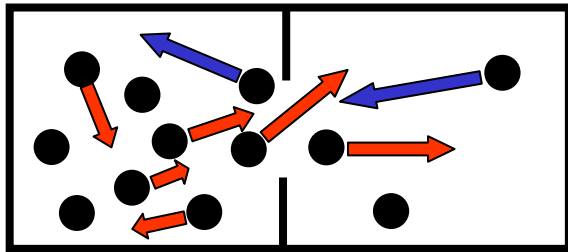


Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtétel mikroszkópikus mechanizmusa

egymást **NEM** kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

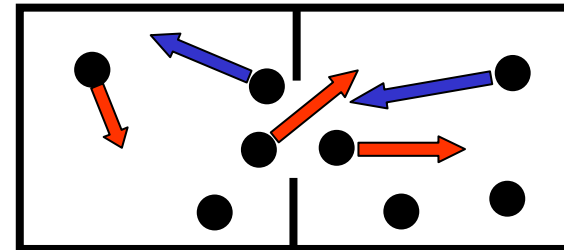
makroszkópikus változás



nincs egyensúly: aszimmetria:
nettó egyirányú folyamat

egymást kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus nyugalom

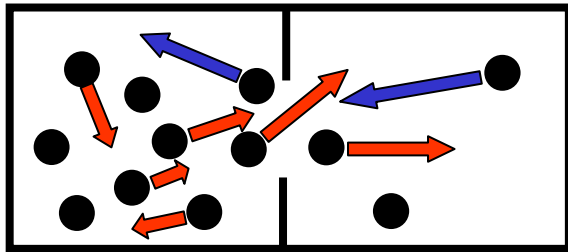


Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtétel mikroszkópikus mechanizmusa

egymást **NEM** kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus változás

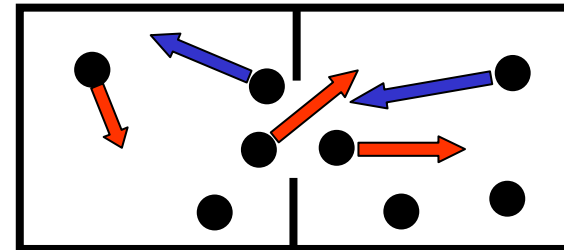


nincs egyensúly: aszimmetria:
nettó egyirányú folyamat



egymást kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus nyugalom



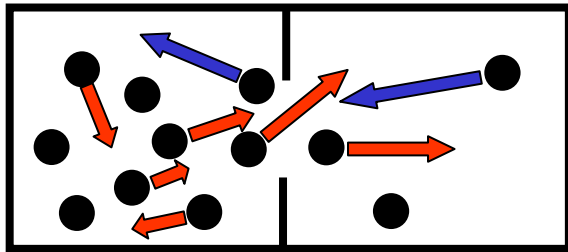
egyensúly:

Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtétele mikroszkópikus mechanizmusa

egymást **NEM** kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus változás

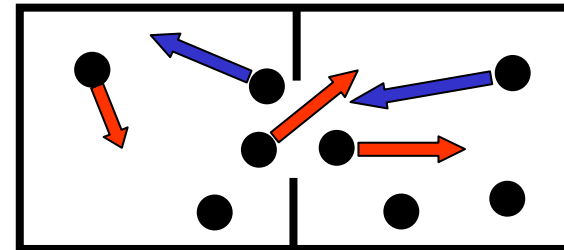


nincs egyensúly: aszimmetria:
nettó egyirányú folyamat



egymást kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus nyugalom



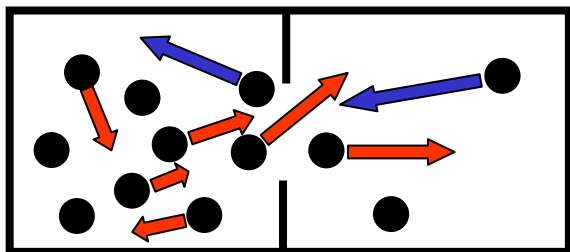
egyensúly: szimmetria:

Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtétele mikroszkópikus mechanizmusa

egymást **NEM** kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus változás

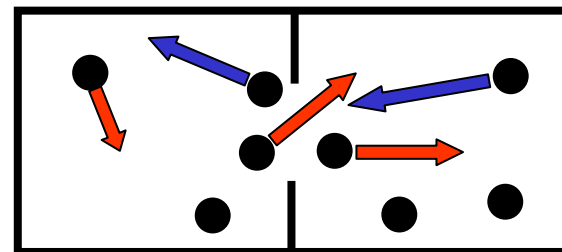


nincs egyensúly: aszimmetria:
nettó egyirányú folyamat



egymást kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus nyugalom



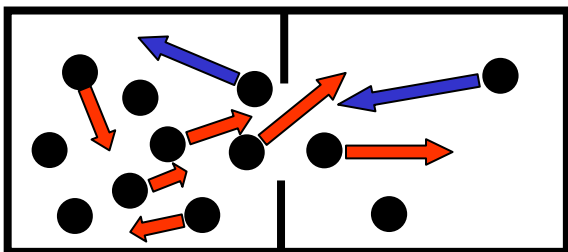
egyensúly: szimmetria:
nettó nulla változás

Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtétele mikroszkópikus mechanizmusa

egymást **NEM** kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

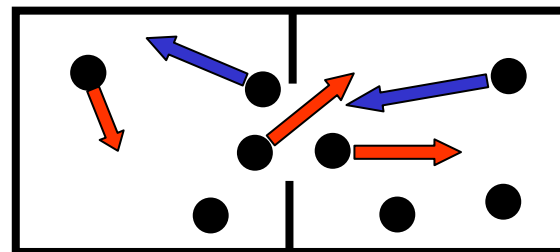
makroszkópikus változás



nincs egyensúly: aszimmetria:
nettó egyirányú folyamat
az intenzív paraméterek
különböznek

egymást kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus nyugalom



egyensúly: szimmetria:
nettó nulla változás

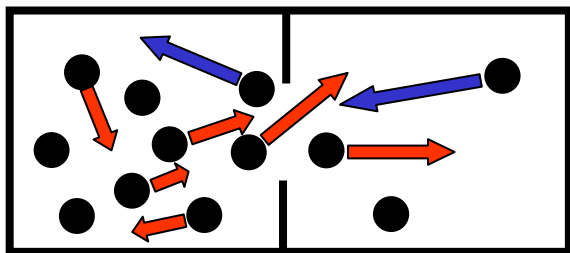


Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtétele mikroszkópikus mechanizmusa

egymást **NEM** kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus változás

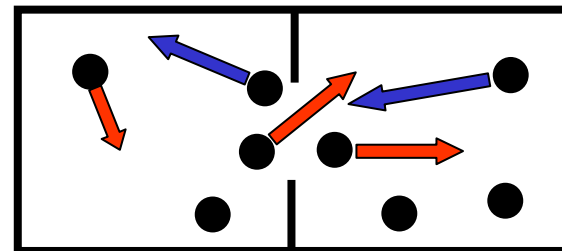


nincs egyensúly: aszimmetria:
nettó egyirányú folyamat
az intenzív paraméterek
különböznek

$$p_1 > p_2$$

egymást kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus nyugalom



egyensúly: szimmetria:
nettó nulla változás

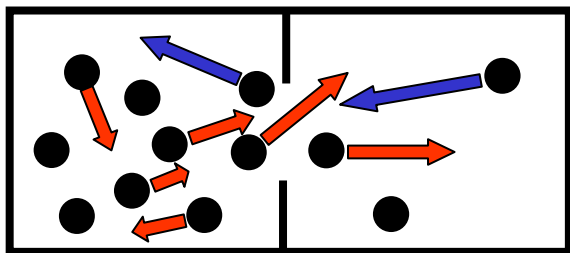


Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtétele mikroszkópikus mechanizmusa

egymást **NEM** kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus változás

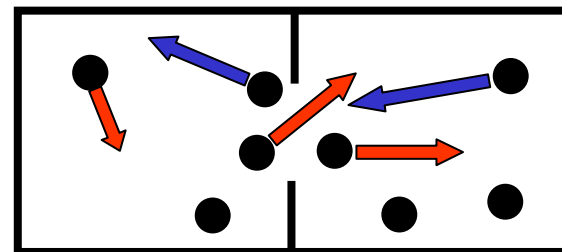


nincs egyensúly: aszimmetria:
nettó egyirányú folyamat
az intenzív paraméterek
különböznek

$$p_1 > p_2$$

egymást kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus nyugalom



egyensúly: szimmetria:
nettó nulla változás
az intenzív paraméterek
kiegyenlítődtek, azonosak

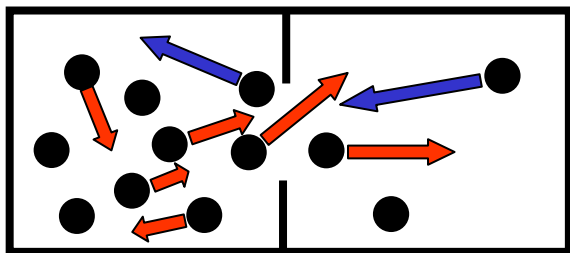


Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtétele mikroszkópikus mechanizmusa

egymást **NEM** kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus változás

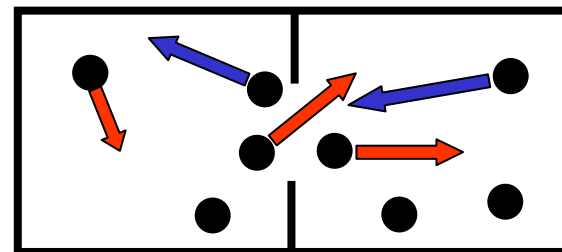


nincs egyensúly: aszimmetria:
nettó egyirányú folyamat
az intenzív paraméterek
különböznek

$$p_1 > p_2$$

egymást kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus nyugalom



egyensúly: szimmetria:
nettó nulla változás
az intenzív paraméterek
kiegyenlítődtek, azonosak

$$p_1 = p_2$$

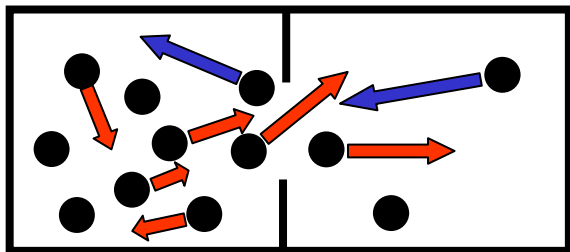


Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtétel mikroszkópikus mechanizmusa

egymást **NEM** kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus változás



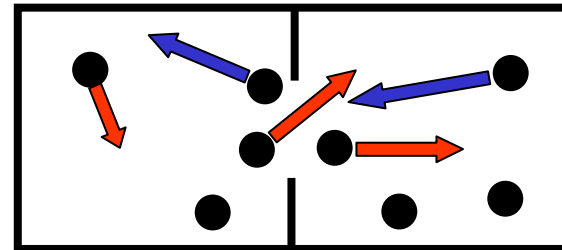
nincs egyensúly: aszimmetria:
nettó egyirányú folyamat
az intenzív paraméterek
különböznek

$$p_1 > p_2$$

**túlságosan rendezett
(kis entrópiájú) állapot**

egymást kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus nyugalom



egyensúly: szimmetria:
nettó nulla változás
az intenzív paraméterek
kiegyenlítődtek, azonosak

$$p_1 = p_2$$

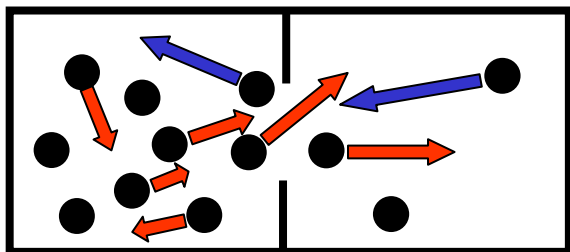


Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtétele mikroszkópikus mechanizmusa

egymást **NEM** kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus változás



nincs egyensúly: aszimmetria:
nettó egyirányú folyamat
az intenzív paraméterek
különböznek

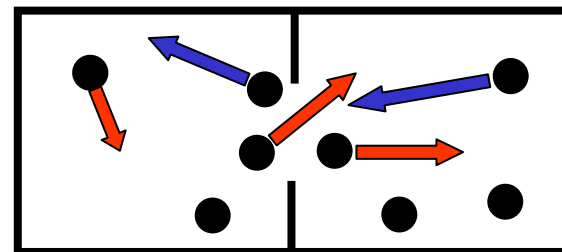
$$p_1 > p_2$$

túlságosan rendezett
(kis entrópiájú) állapot



egymást kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus nyugalom



egyensúly: szimmetria:
nettó nulla változás
az intenzív paraméterek
kiegyenlítődtek, azonosak

$$p_1 = p_2$$

rendezetlenebb
(nagy entrópiájú) állapot

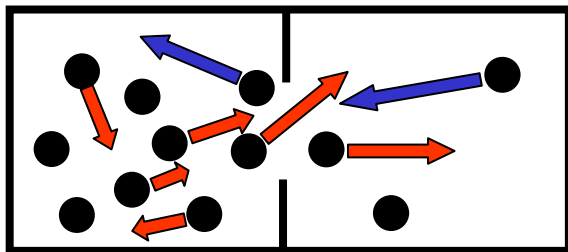


Termodinamikai egyensúly

avagy a második főtétele mikroszkópikus mechanizmusa

egymást **NEM** kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus változás



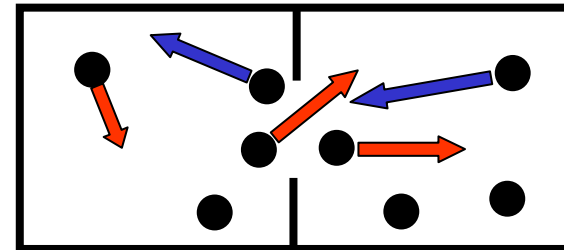
nincs egyensúly: aszimmetria:
nettó egyirányú folyamat
az intenzív paraméterek
különböznek

$$p_1 > p_2$$

**túlságosan rendezett
(kis entrópiájú) állapot**

egymást kiegyenlítő
mikroszkópikus folyamatok

makroszkópikus nyugalom



egyensúly: szimmetria:
nettó nulla változás
az intenzív paraméterek
kiegyenlítődtek, azonosak

$$p_1 = p_2$$

**rendezetlenebb
(nagy entrópiájú) állapot**

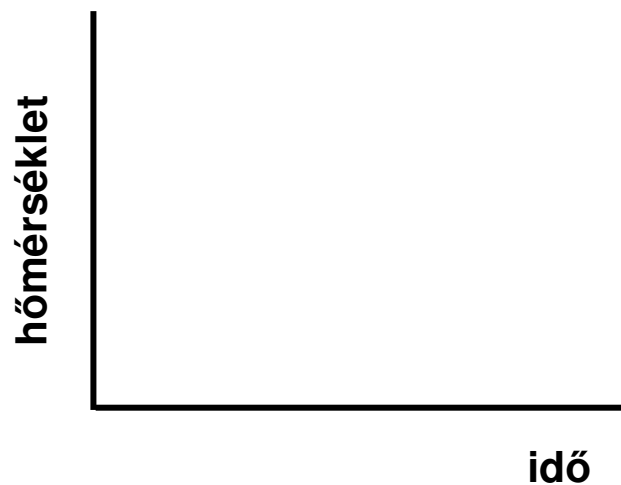
A beállt egyensúlyban az entrópia eléri a lehetséges maximumot.



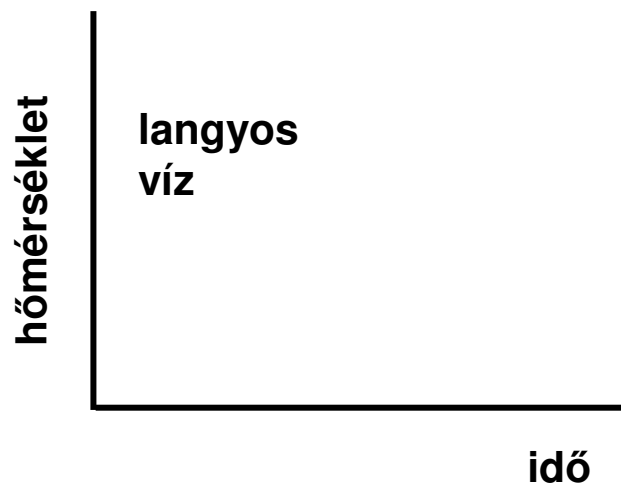
Pista bácsi szuperhajója



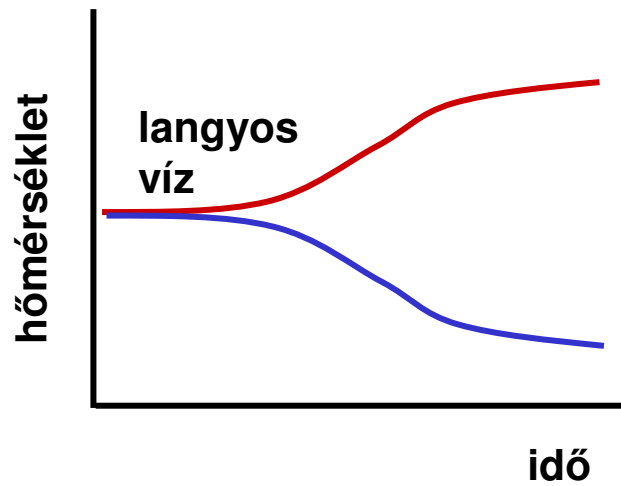
Pista bácsi szuperhajója



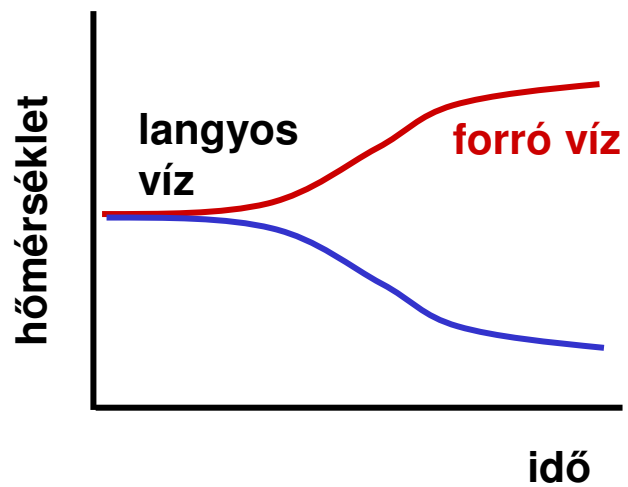
Pista bácsi szuperhajója



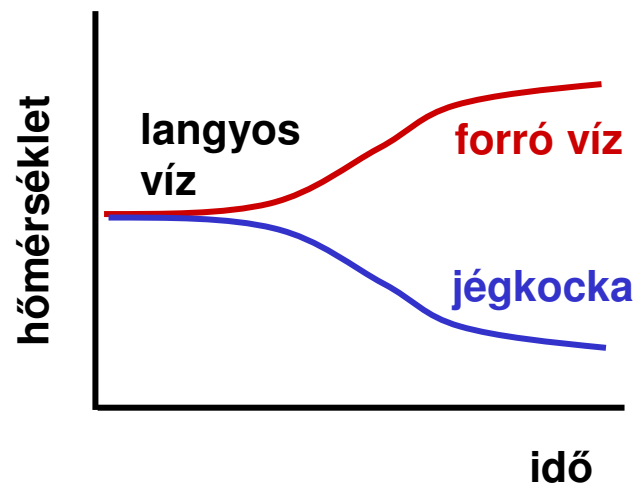
Pista bácsi szuperhajója



Pista bácsi szuperhajója

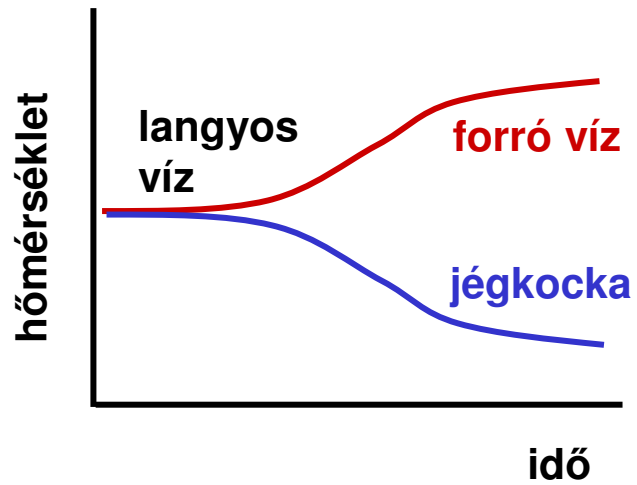


Pista bácsi szuperhajója

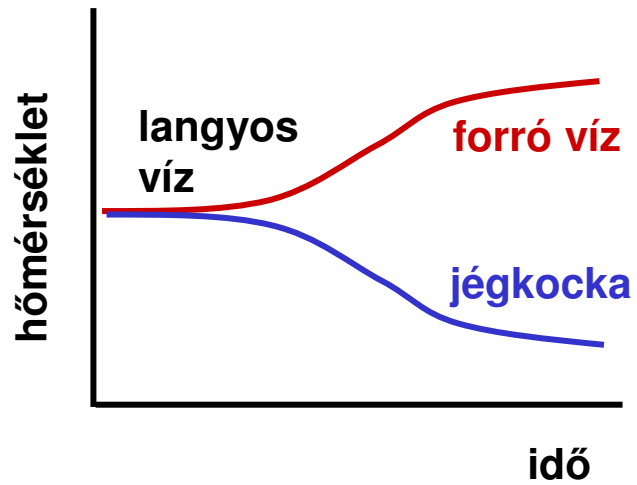


Pista bácsi szuperhajója

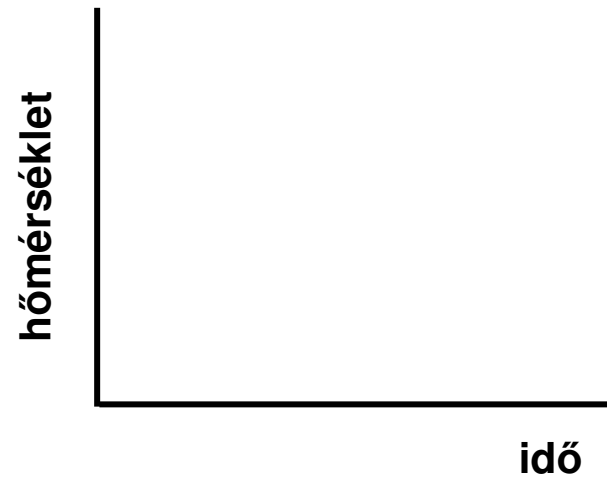
Welcome to the Real World!



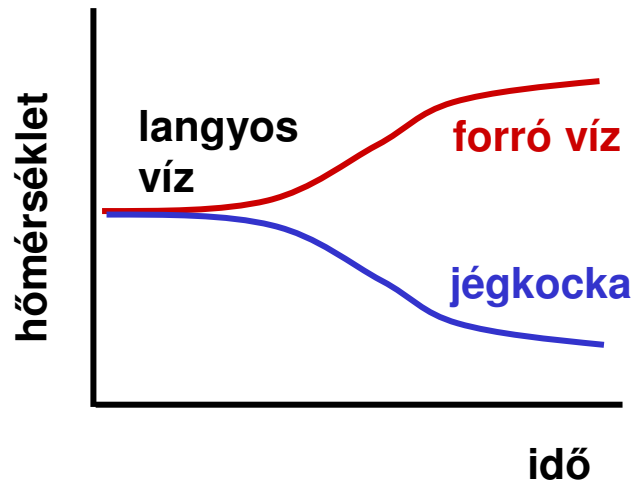
Pista bácsi szuperhajója



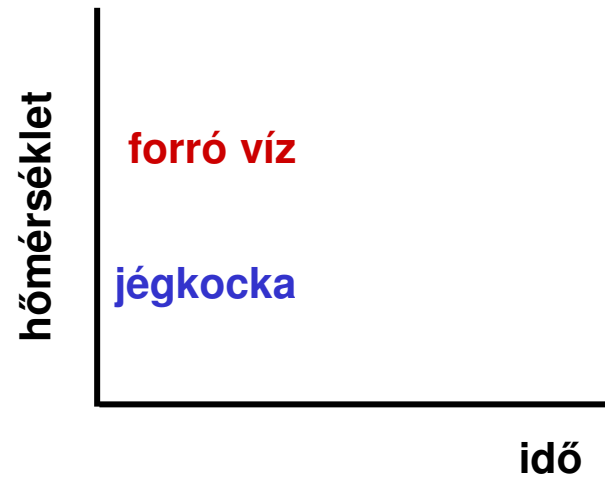
Welcome to the Real World!



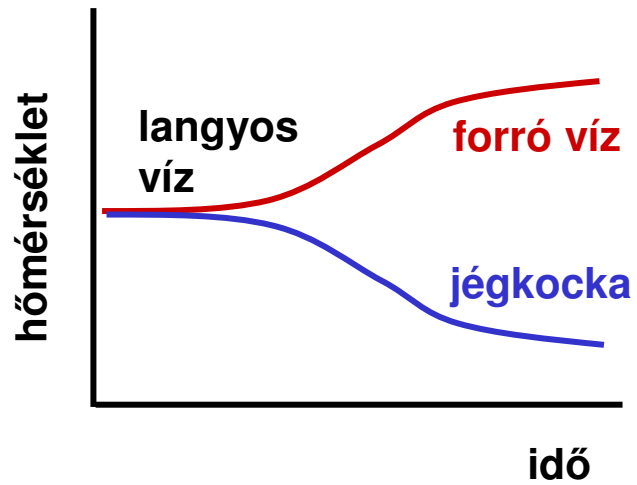
Pista bácsi szuperhajója



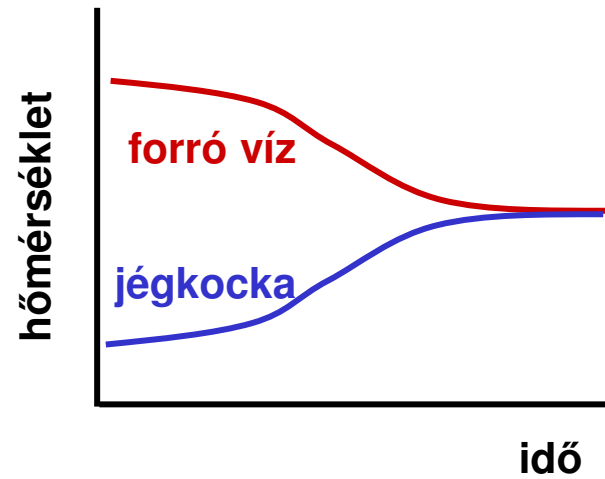
Welcome to the Real World!



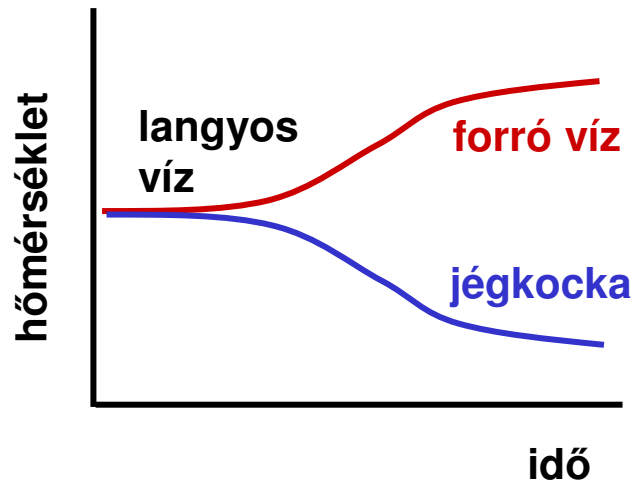
Pista bácsi szuperhajója



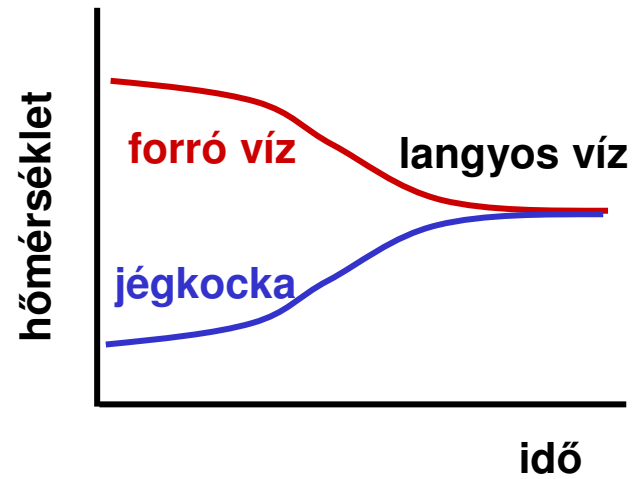
Welcome to the Real World!



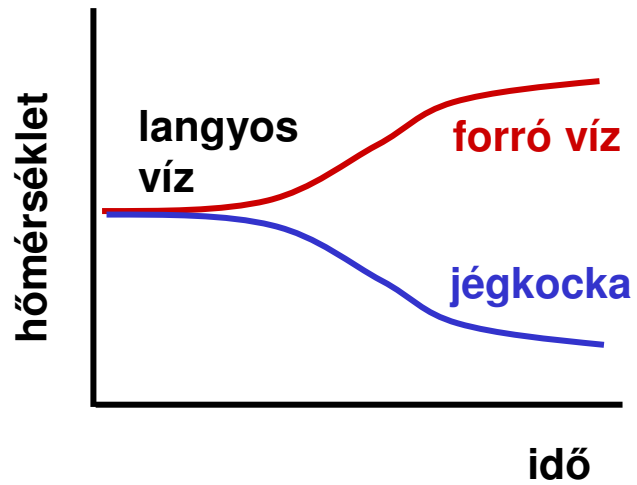
Pista bácsi szuperhajója



Welcome to the Real World!



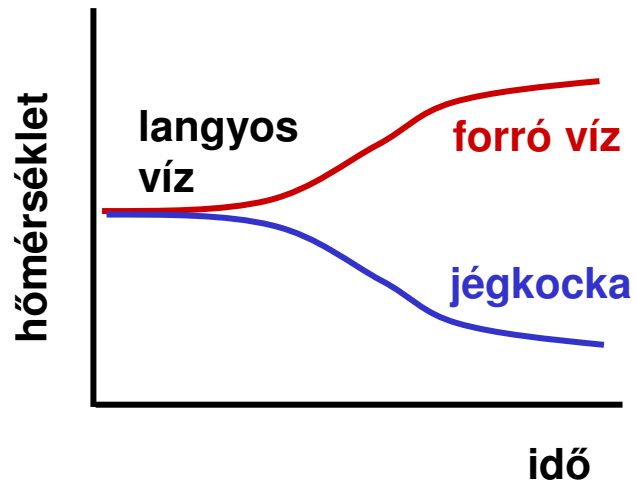
Pista bácsi szuperhajója



Welcome to the Real World!



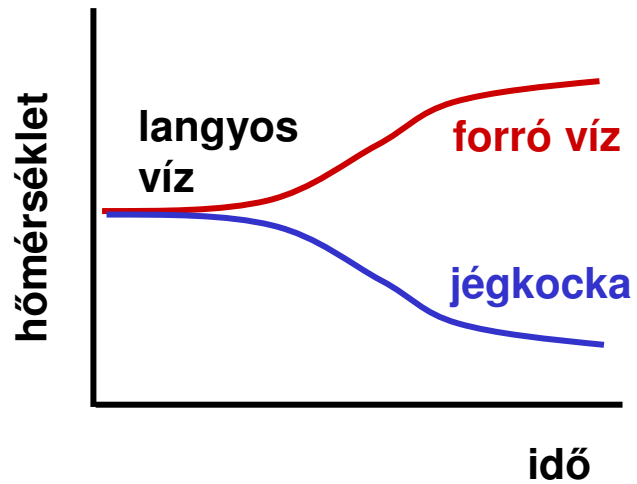
Pista bácsi szuperhajója



Welcome to the Real World!



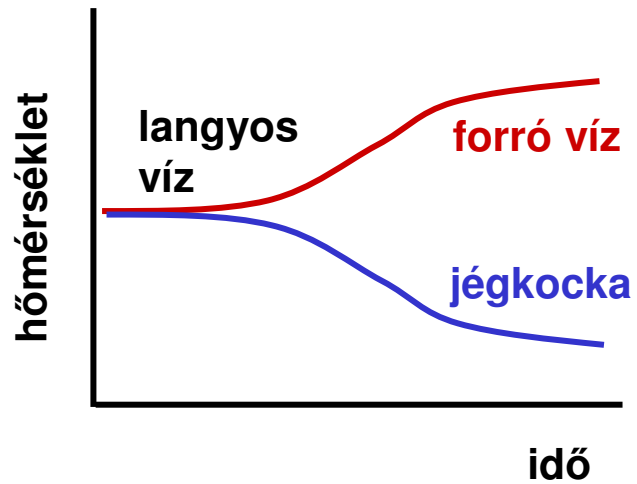
Pista bácsi szuperhajója



Welcome to the Real World!



Pista bácsi szuperhajója



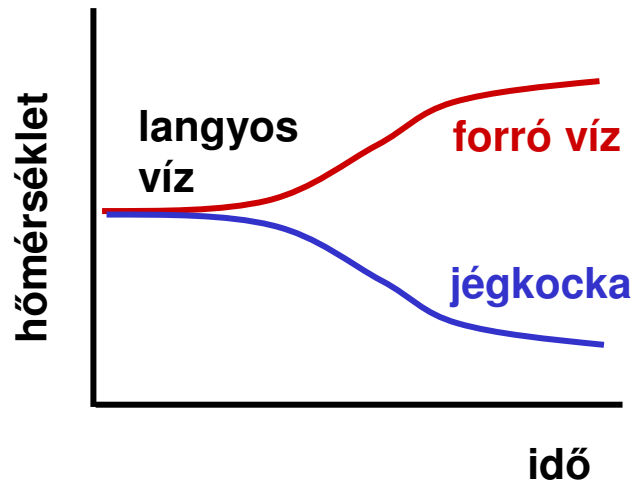
Welcome to the Real World!



az intenzív paraméterek kiegyenlítődése



Pista bácsi szuperhajója



Welcome to the Real World!

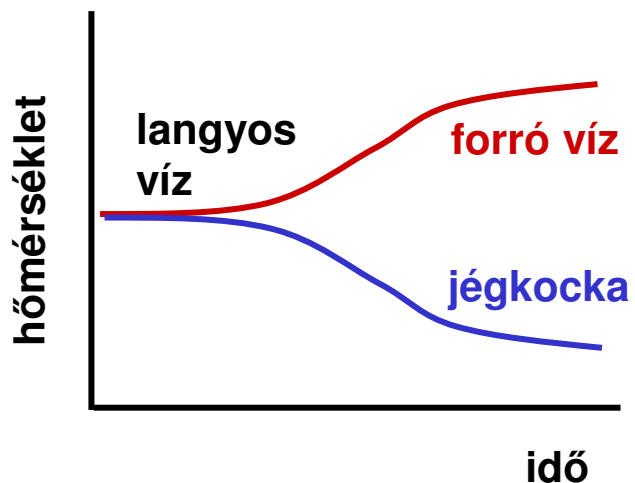


az intenzív paraméterek kiegyenlítődése

az entrópia (a rendezetlenség) növekedése



Pista bácsi szuperhajója



Welcome to the Real World!



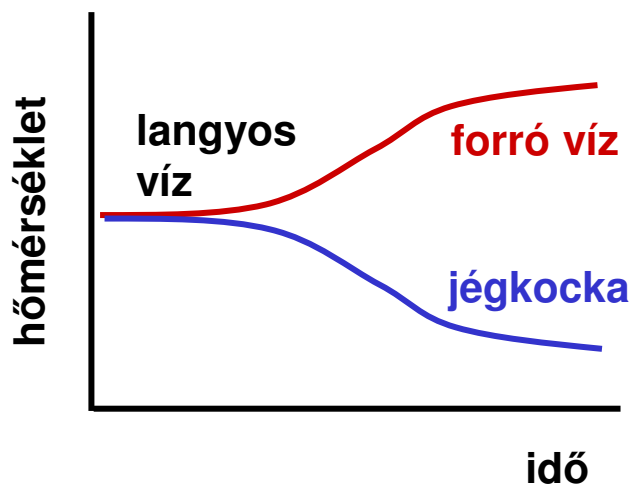
az intenzív paraméterek kiegyenlítődése

az entrópia (a rendezetlenség) növekedése

Filozófiai következtetés:



Pista bácsi szuperhajója



Welcome to the Real World!



az intenzív paraméterek kiegyenlítődése

az entrópia (a rendezetlenség) növekedése

Filozófiai következtetés: **a végállapot**



Pista bácsi szuperhajója



Welcome to the Real World!



az intenzív paraméterek kiegyenlítődése

az entrópia (a rendezetlenség) növekedése

Filozófiai következtetés: a végállapot

minden intenzív paraméter mindenütt egyforma lesz



Pista bácsi szuperhajója



Welcome to the Real World!



az intenzív paraméterek kiegyenlítődése

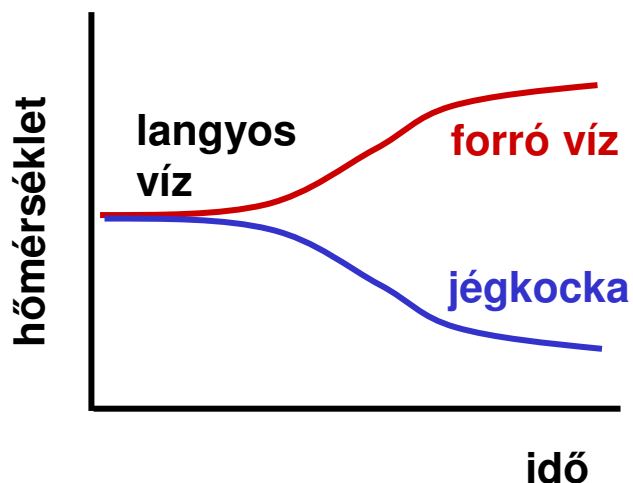
az entrópia (a rendezetlenség) növekedése

Filozófiai következtetés: a végállapot

minden intenzív paraméter mindenütt egyforma lesz
homogén, unalmas, egyforma massa



Pista bácsi szuperhajója



Welcome to the Real World!



az intenzív paraméterek kiegyenlítődése

az entrópia (a rendezetlenség) növekedése

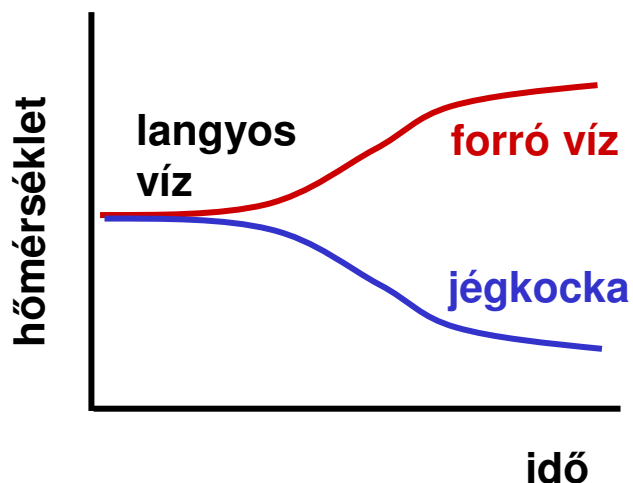
Filozófiai következtetés: a végállapot

minden intenzív paraméter mindenütt egyforma lesz

homogén, unalmas, egyforma massa, azonos nyomás, hőmérséklet, stb



Pista bácsi szuperhajója



Welcome to the Real World!



az intenzív paraméterek kiegyenlítődése

az entrópia (a rendezetlenség) növekedése

Filozófiai következtetés: **a végállapot**

minden intenzív paraméter mindenütt egyforma lesz

homogén, unalmas, egyforma massa, azonos nyomás, hőmérséklet, stb
nincsenek már kiegyenlítődési folyamatok:



Pista bácsi szuperhajója



Welcome to the Real World!



az intenzív paraméterek kiegyenlítődése

az entrópia (a rendezetlenség) növekedése

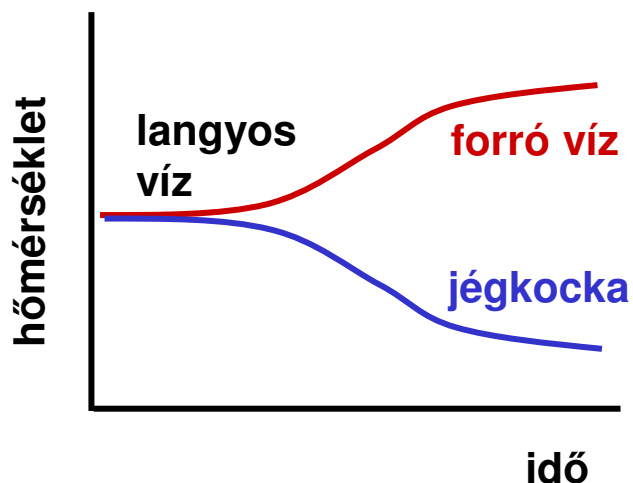
Filozófiai következtetés: a végállapot

minden intenzív paraméter mindenütt egyforma lesz

homogén, unalmas, egyforma massa, azonos nyomás, hőmérséklet, stb
nincsenek már kiegyenlítődési folyamatok: nem történik semmi



Pista bácsi szuperhajója



Welcome to the Real World!



az intenzív paraméterek kiegyenlítődése

az entrópia (a rendezetlenség) növekedése

Filozófiai következtetés: a végállapot

minden intenzív paraméter mindenütt egyforma lesz
homogén, unalmas, egyforma massa, azonos nyomás, hőmérséklet, stb
nincsenek már kiegyenlítődési folyamatok: nem történik semmi
„megáll az idő”:



Pista bácsi szuperhajója



Welcome to the Real World!



az intenzív paraméterek kiegyenlítődése

az entrópia (a rendezetlenség) növekedése

Filozófiai következtetés: a végállapot

minden intenzív paraméter mindenütt egyforma lesz

homogén, unalmas, egyforma massa, azonos nyomás, hőmérséklet, stb
nincsenek már kiegyenlítődési folyamatok: nem történik semmi

„megáll az idő”: ez lesz a **HŐHALÁL...**



Pista bácsi szuperhajója



Welcome to the Real World!



az intenzív paraméterek kiegyenlítődése

az entrópia (a rendezetlenség) növekedése

Filozófiai következtetés: a végállapot

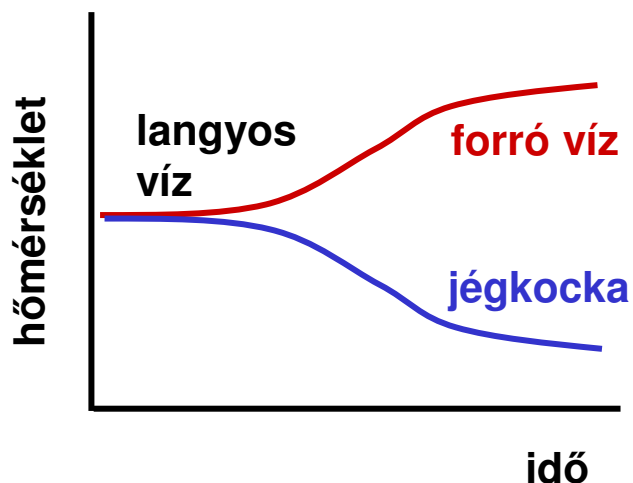
minden intenzív paraméter mindenütt egyforma lesz

homogén, unalmas, egyforma massa, azonos nyomás, hőmérséklet, stb
nincsenek már kiegyenlítődési folyamatok: nem történik semmi

„megáll az idő”: ez lesz a **HŐHALÁL...** (kérdés: miért nem jött már el?)



Pista bácsi szuperhajója



Welcome to the Real World!



az intenzív paraméterek kiegyenlítődése

az entrópia (a rendezetlenség) növekedése

Filozófiai következtetés: a végállapot

minden intenzív paraméter mindenütt egyforma lesz

homogén, unalmas, egyforma massa, azonos nyomás, hőmérséklet, stb
nincsenek már kiegyenlítődési folyamatok: nem történik semmi

„megáll az idő”: ez lesz a **HŐHALÁL...** (kérdés: miért nem jött már el?)

Russel: minek szeretni, ha úgyis jön a hőhalál... ☹️



NODE...



NODE...

2. A csillagok keletkezése



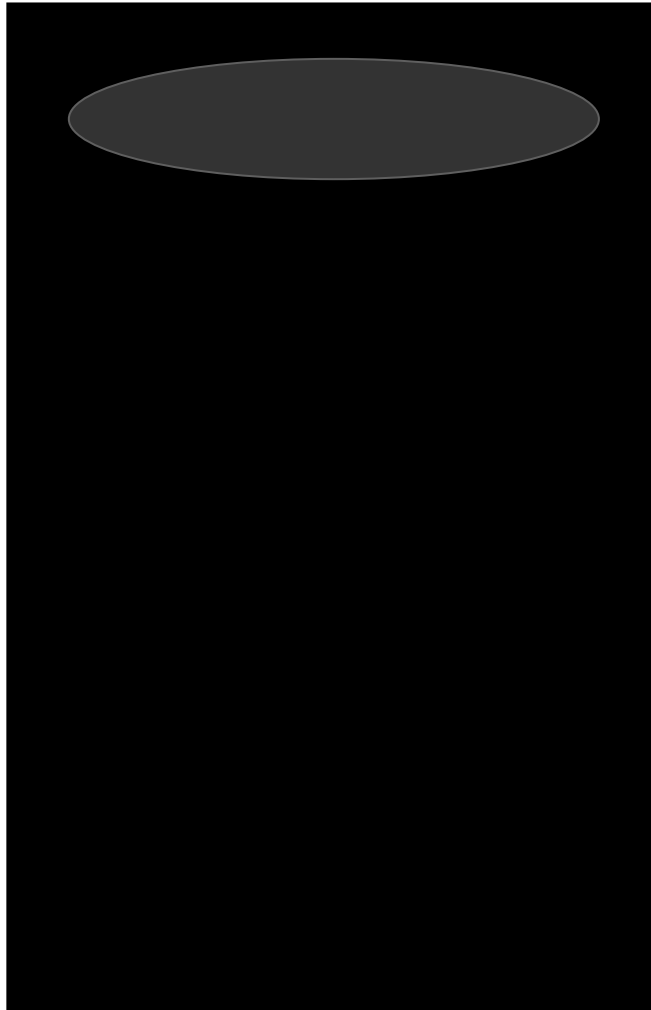
NODE...

2. A csillagok keletkezése



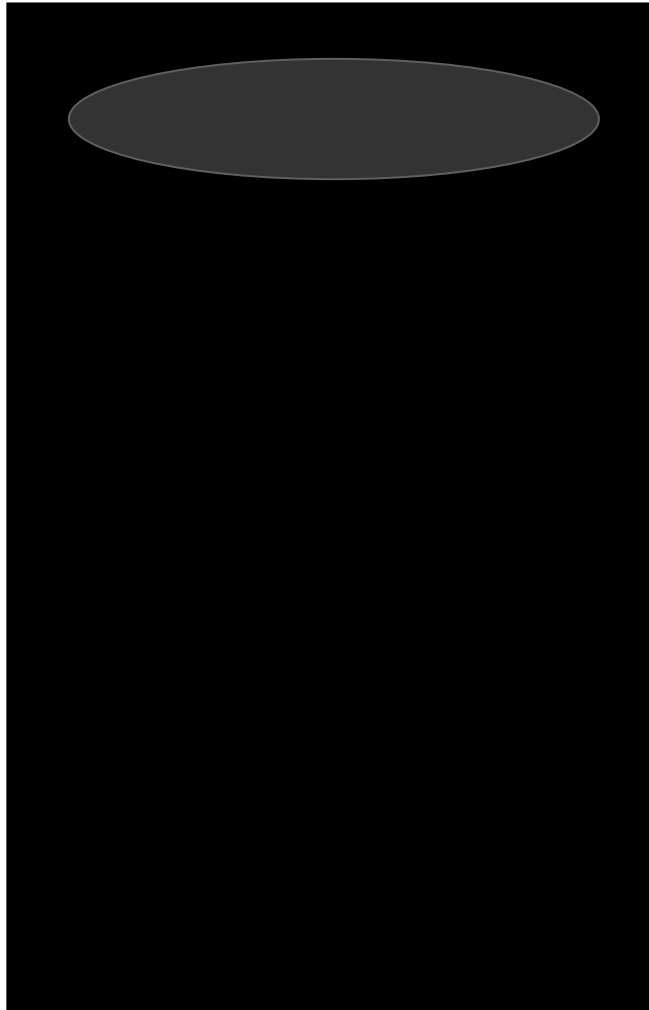
NODE...

2. A csillagok keletkezése



NODE...

2. A csillagok keletkezése

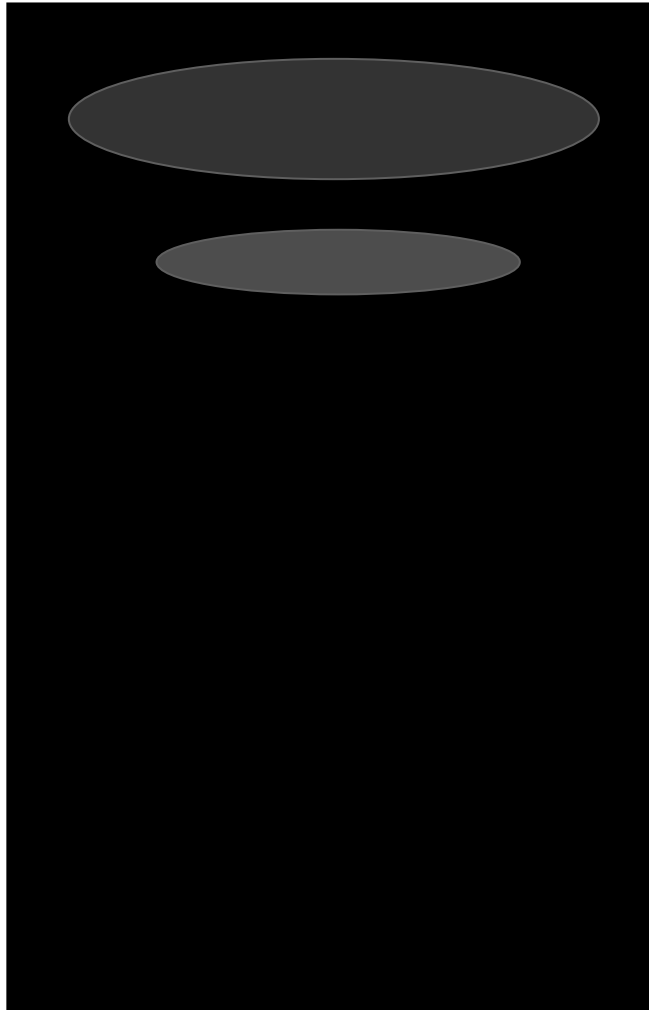


hideg, ritka
gázfelhő



NODE...

2. A csillagok keletkezése

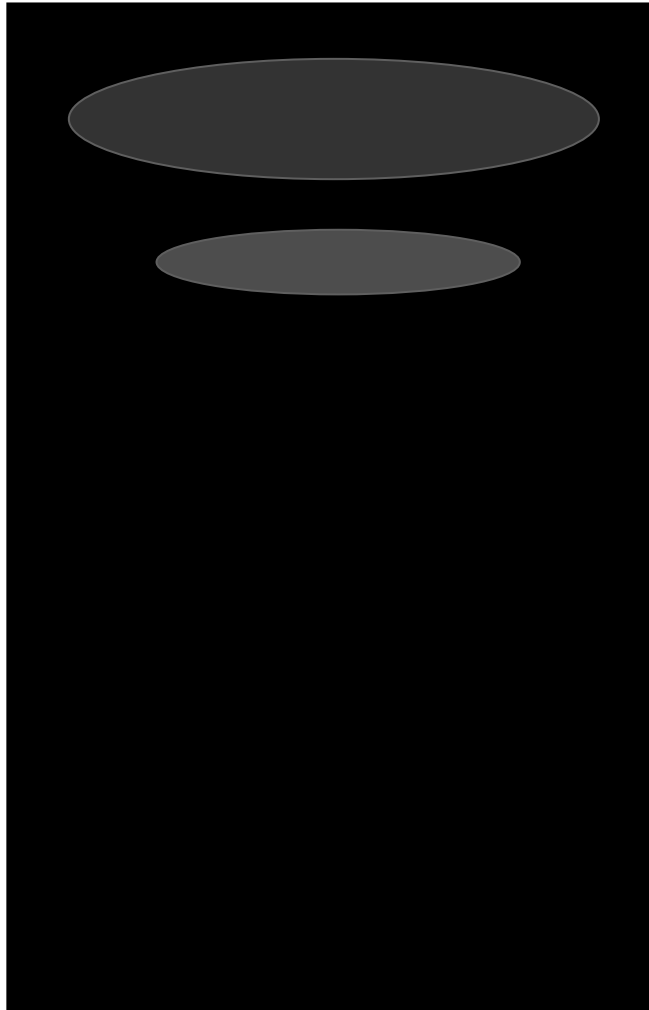


hideg, ritka
gázfelhő



NODE...

2. A csillagok keletkezése



hideg, ritka
gázfelhő

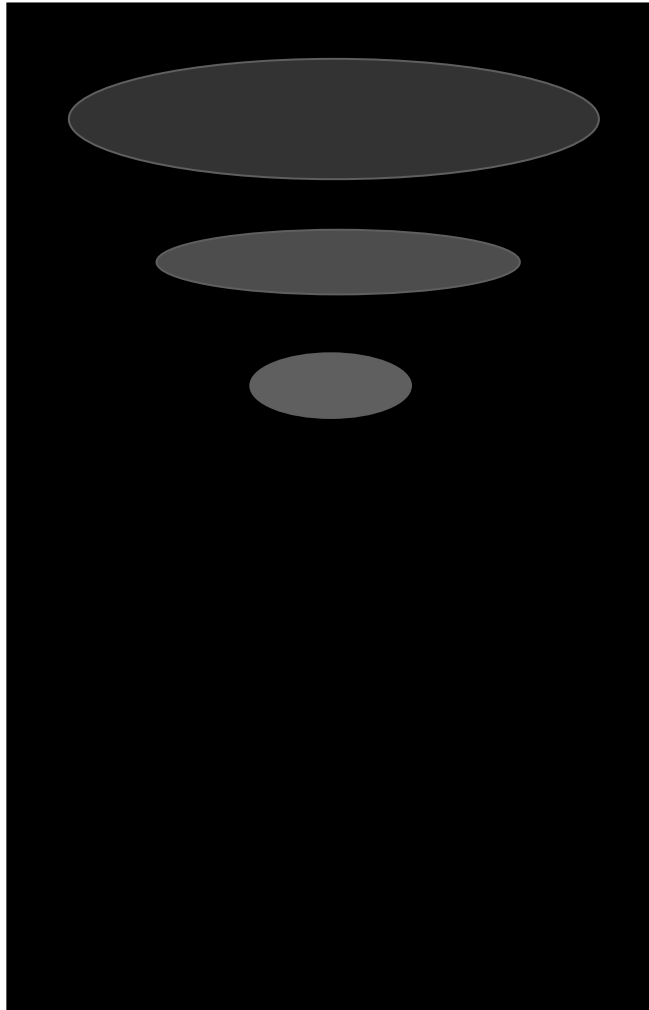


langyos,
sűrűbb
gázfelhő



NODE...

2. A csillagok keletkezése



hideg, ritka
gázfelhő

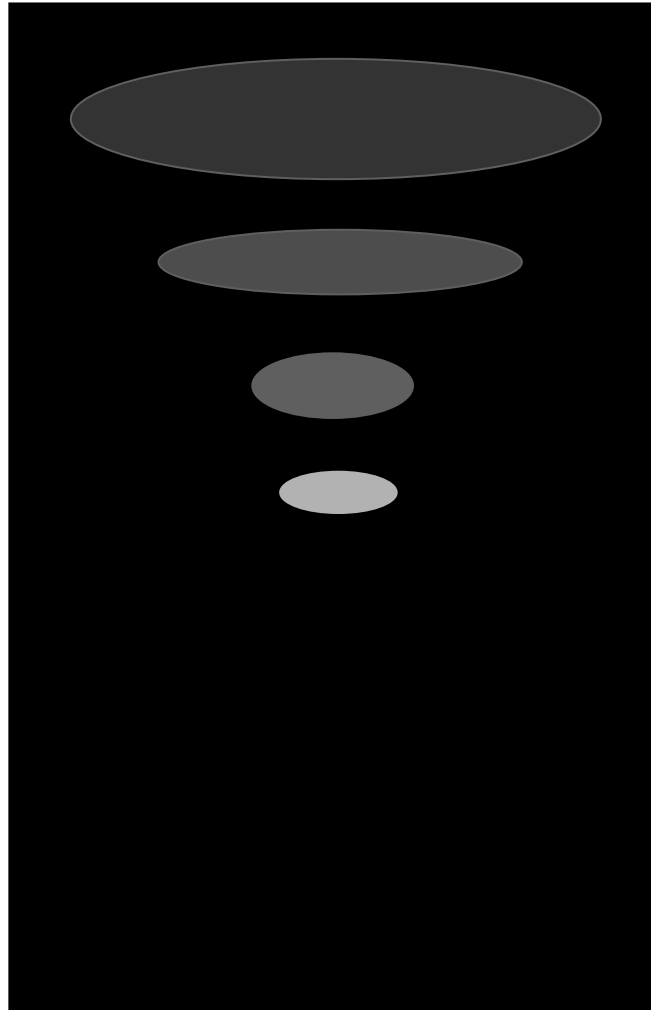


langyos,
sűrűbb
gázfelhő



NODE...

2. A csillagok keletkezése



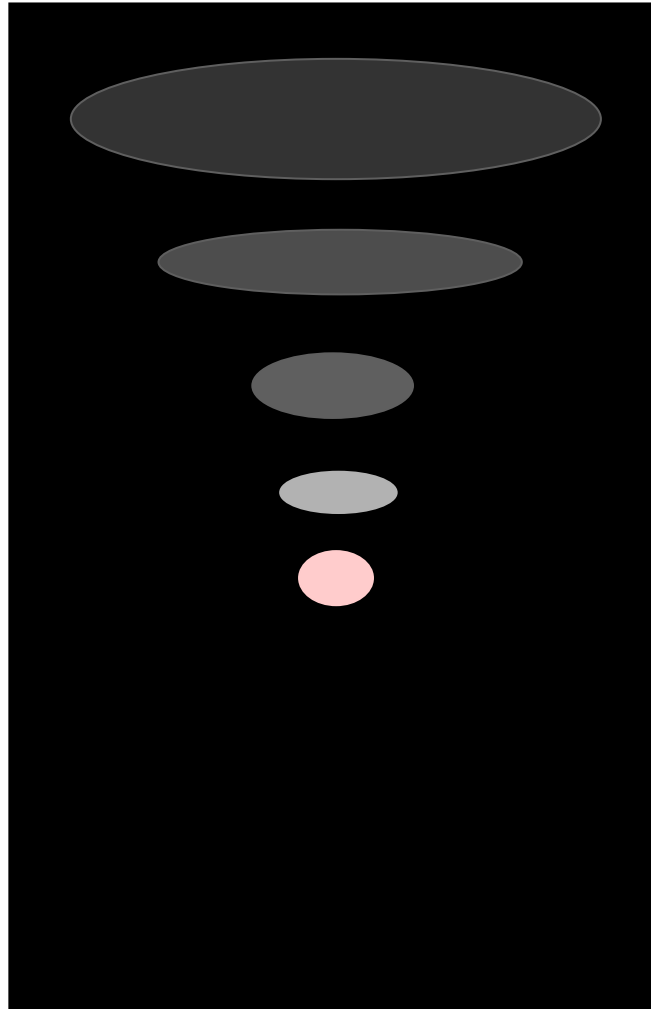
hideg, ritka
gázfelhő



langyos,
sűrűbb
gázfelhő

NODE...

2. A csillagok keletkezése



hideg, ritka
gázfelhő

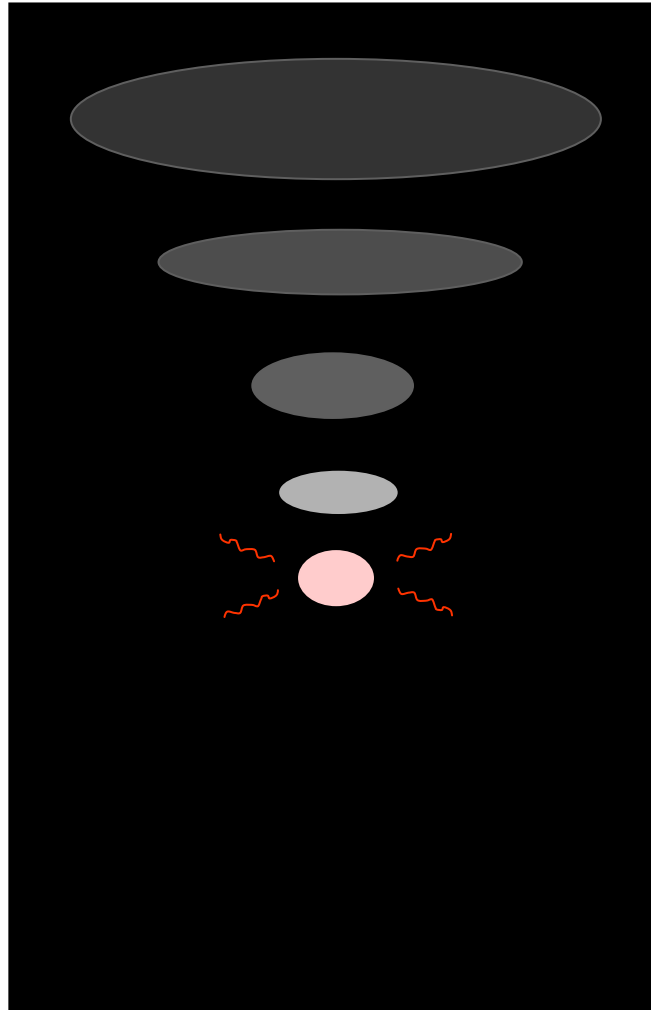


langyos,
sűrűbb
gázfelhő



NODE...

2. A csillagok keletkezése



hideg, ritka
gázfelhő

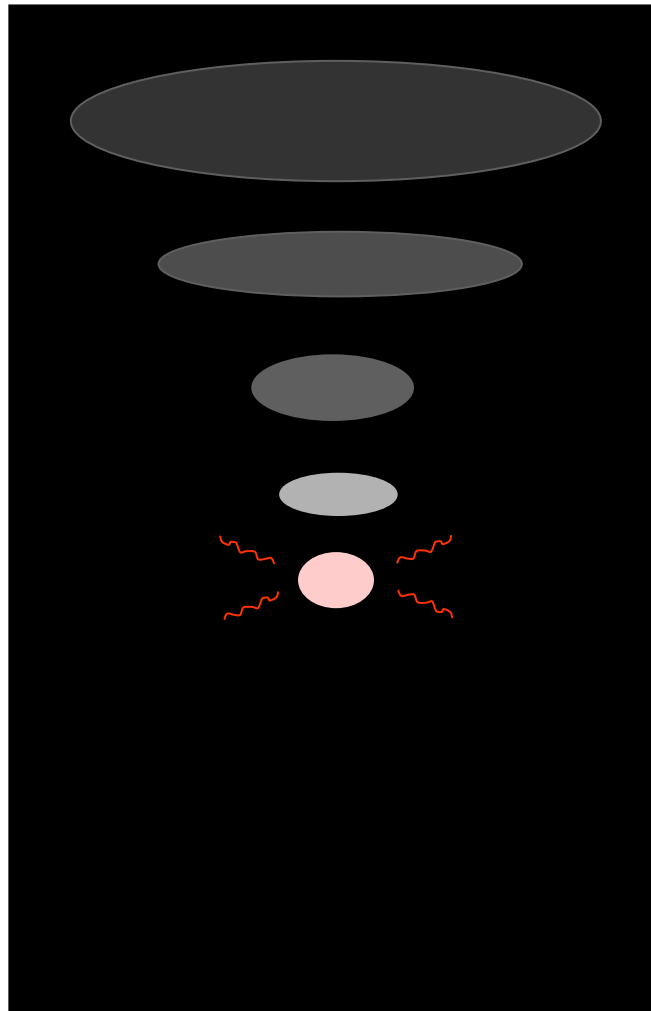


langyos,
sűrűbb
gázfelhő



NODE...

2. A csillagok keletkezése



hideg, ritka
gázfelhő



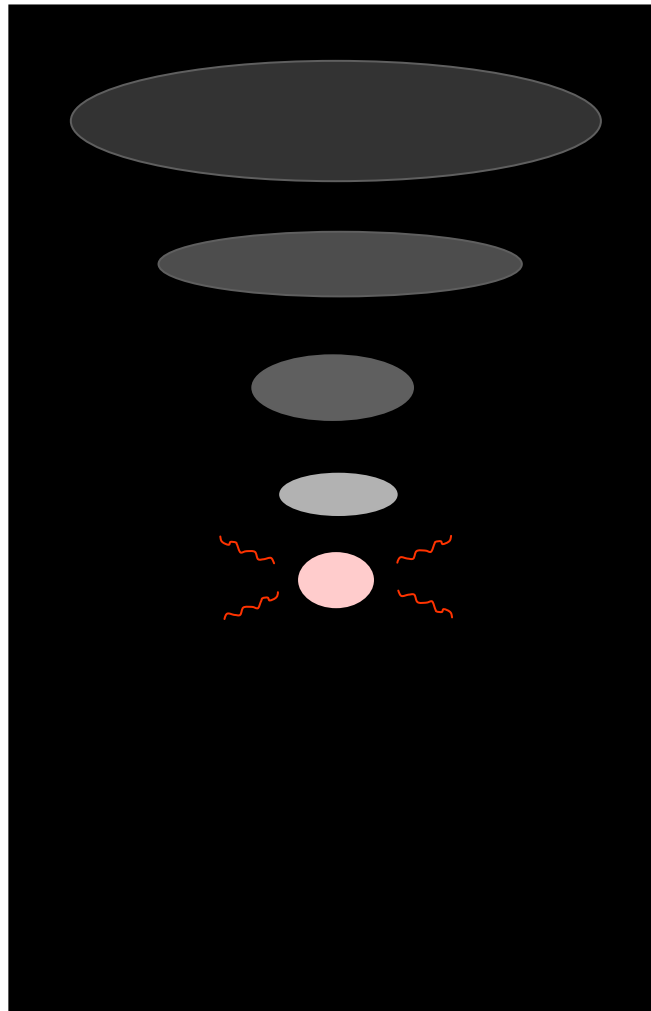
langyos,
sűrűbb
gázfelhő

**közben
hősugárzás
távozik el**



NODE...

2. A csillagok keletkezése



hideg, ritka
gázfelhő



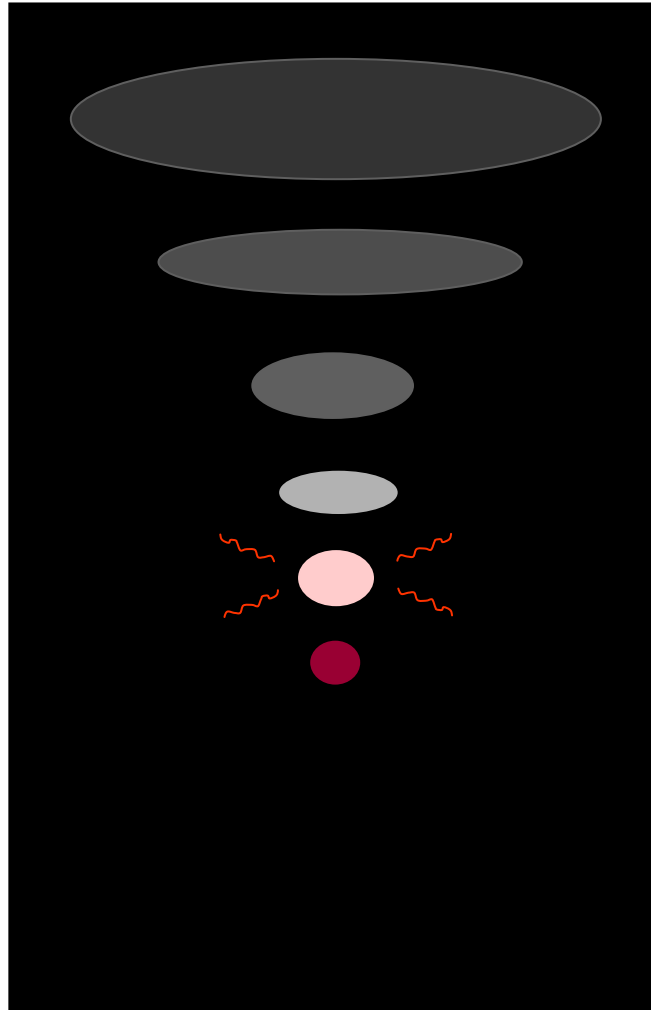
langyos,
sűrűbb
gázfelhő

közben
hősugárzás
távozik el



NODE...

2. A csillagok keletkezése



hideg, ritka
gázfelhő



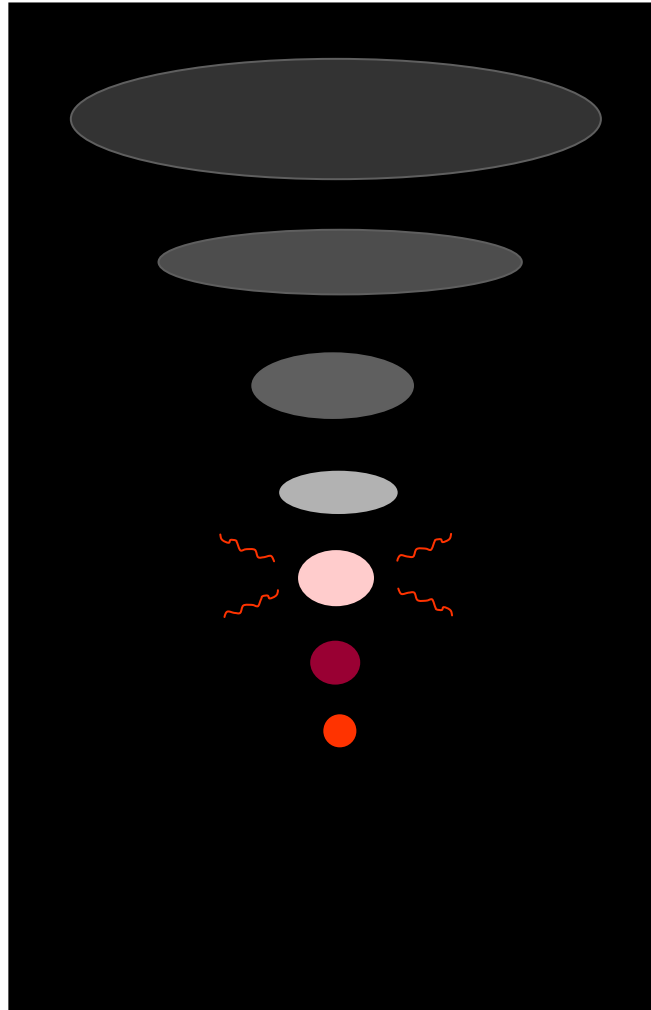
langyos,
sűrűbb
gázfelhő

közben
hősugárzás
távozik el



NODE...

2. A csillagok keletkezése



hideg, ritka
gázfelhő



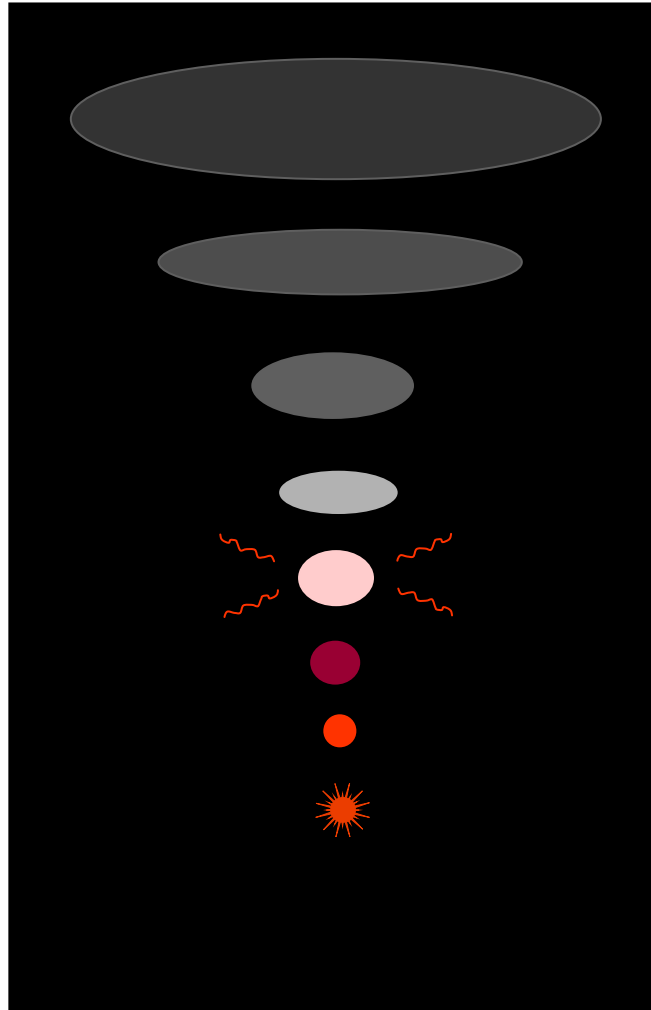
langyos,
sűrűbb
gázfelhő

közben
hősugárzás
távozik el



NODE...

2. A csillagok keletkezése



hideg, ritka
gázfelhő



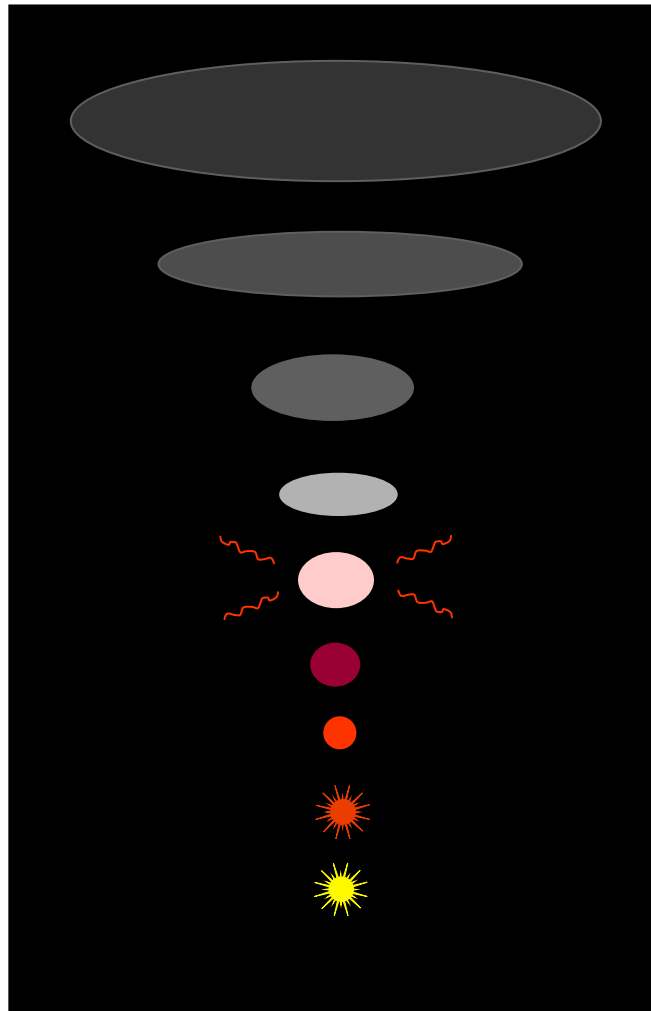
langyos,
sűrűbb
gázfelhő

közben
hősugárzás
távozik el



NODE...

2. A csillagok keletkezése



hideg, ritka
gázfelhő



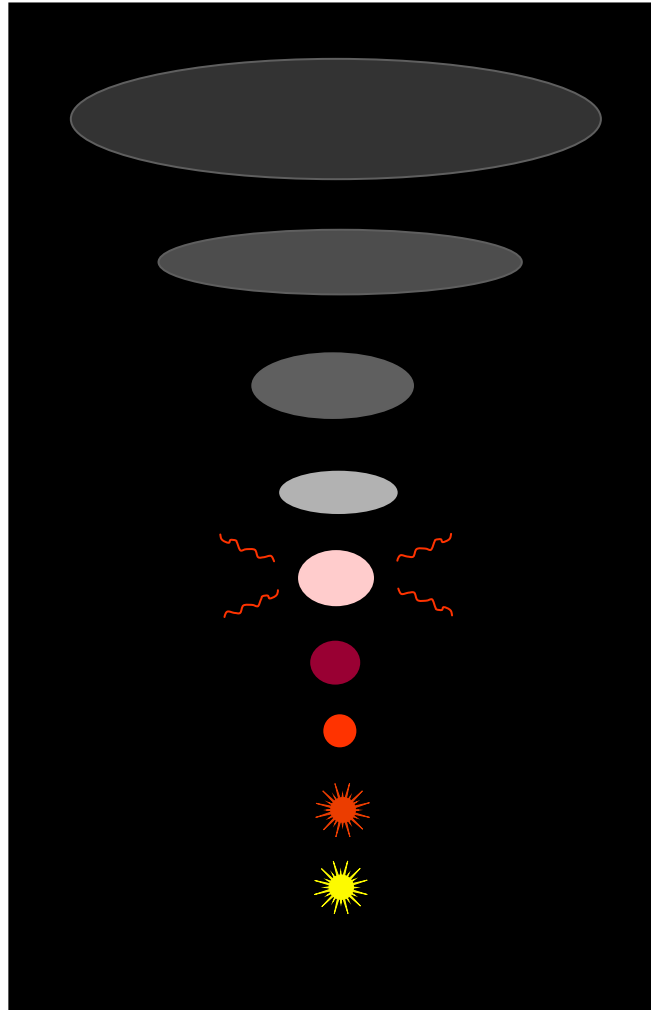
langyos,
sűrűbb
gázfelhő

közben
hősugárzás
távozik el



NODE...

2. A csillagok keletkezése



hideg, ritka
gázfelhő



langyos,
sűrűbb
gázfelhő

közben
hősugárzás
távozik el

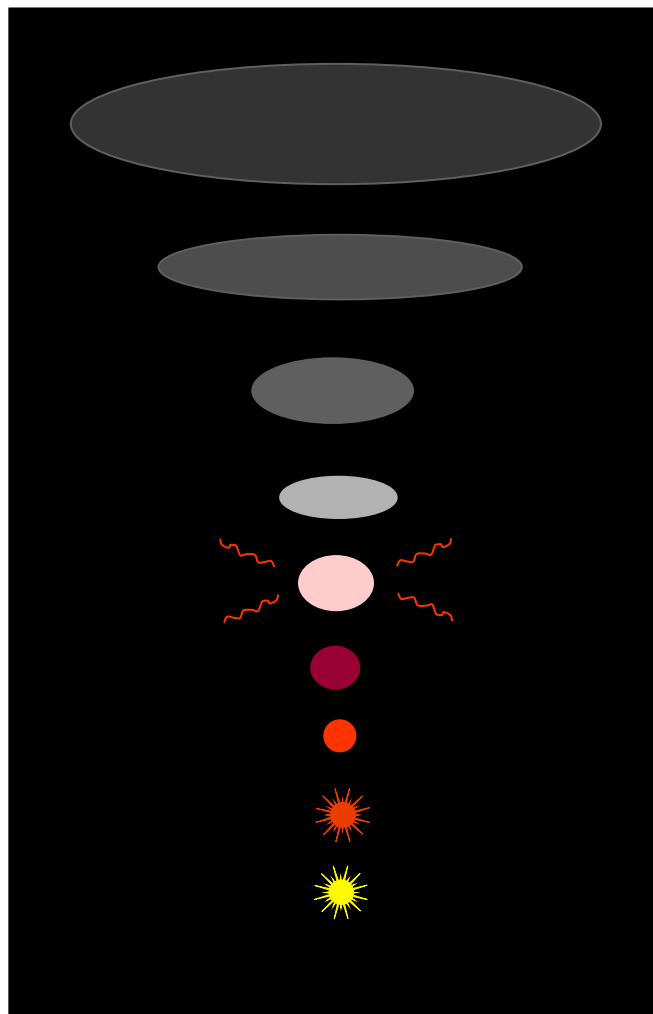


forró,
sűrű
csillag,



NODE...

2. A csillagok keletkezése



hideg, ritka
gázfelhő



langyos,
sűrűbb
gázfelhő

közben
hősugárzás
távozik el

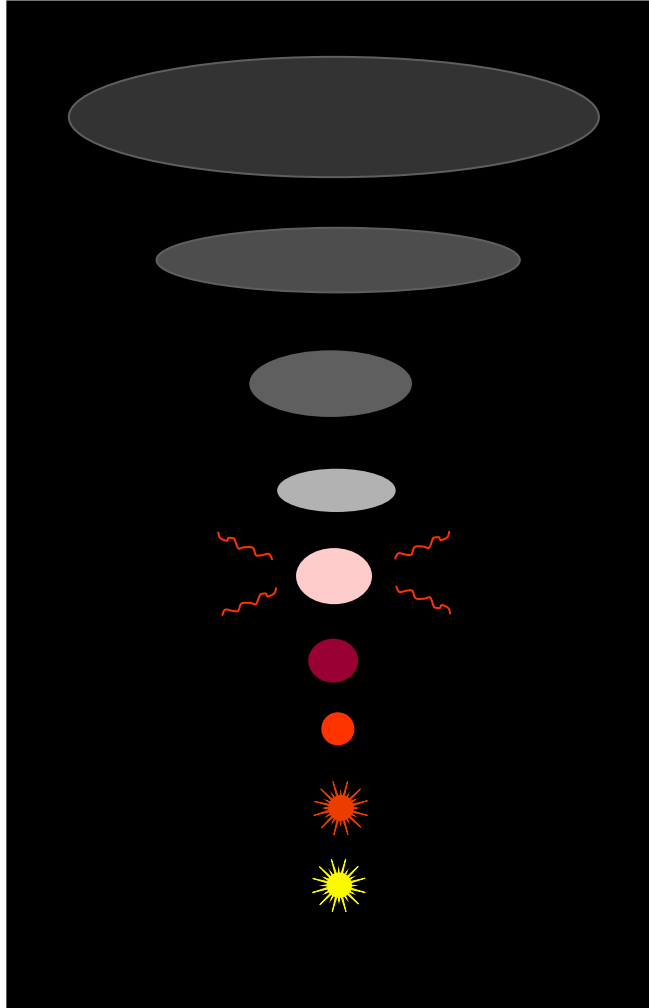


forró,
sűrű
csillag,
körülötte
a hideg
világűr



NODE...

2. A csillagok keletkezése



hideg, ritka
gázfelhő



langyos,
sűrűbb
gázfelhő

közben
hősugárzás
távozik el



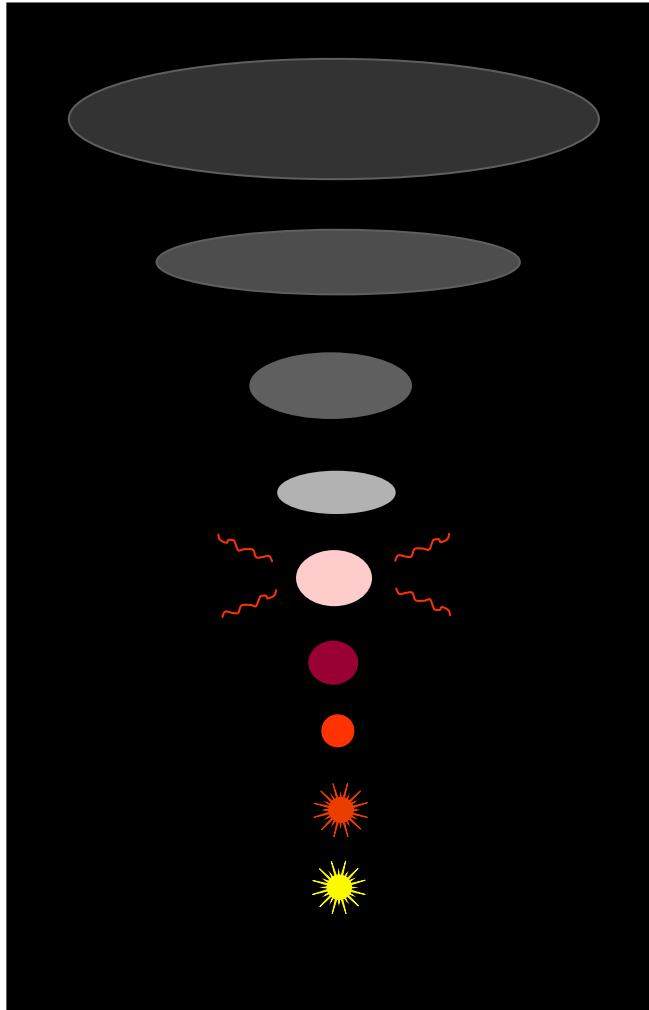
forró,
sűrű
csillag,
körülötte
a hideg
világűr

egyetlen hőtartályból
kettő lesz, közben
energiakibocsátás



NODE...

2. A csillagok keletkezése



hideg, ritka
gázfelhő



langyos,
sűrűbb
gázfelhő

közben
hősugárzás
távozik el



forró,
sűrű
csillag,
körülötte
a hideg
világűr

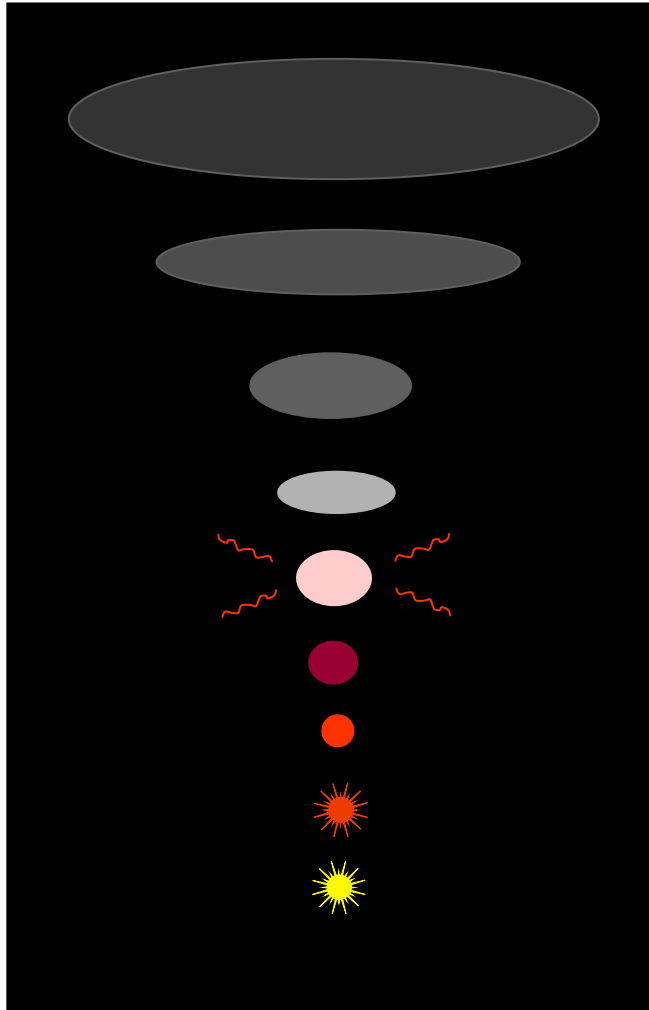
egyetlen hőtartályból
kettő lesz, közben
energiakibocsátás

a homogén masszából
strukturált, térben
rendezett állapot
fejlődik ki!



NODE...

2. A csillagok keletkezése



hideg, ritka
gázfelhő



langyos,
sűrűbb
gázfelhő

közben
hősugárzás
távozik el



forró,
sűrű
csillag,
körülötte
a hideg
világűr

egyetlen hőtartályból
kettő lesz, közben
energiakibocsátás

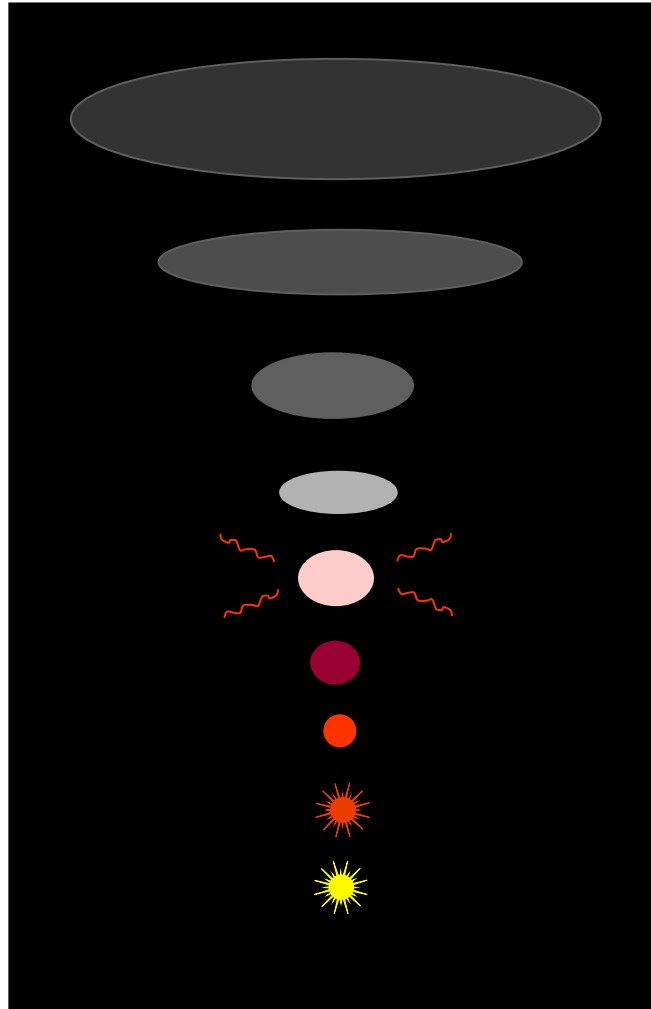
a homogén masszából
strukturált, térben
rendezett állapot
fejlődik ki!

ez a folyamat
megvalósítja Pista bácsi
szuperhajóját!



NODE...

2. A csillagok keletkezése



hideg, ritka
gázfelhő



langyos,
sűrűbb
gázfelhő

közben
hősugárzás
távozik el



forró,
sűrű
csillag,
körülötte
a hideg
világűr

egyetlen hőtartályból
kettő lesz, közben
energiakibocsátás

a homogén masszából
strukturált, térben
rendezett állapot
fejlődik ki!

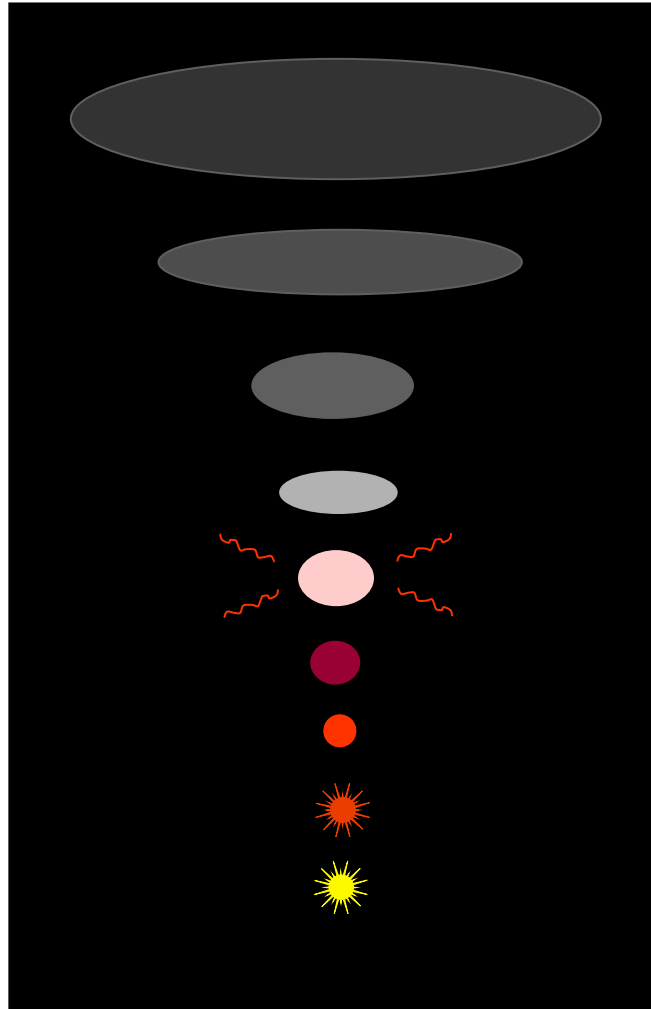
ez a folyamat
megvalósítja Pista bácsi
szuperhajóját!

eszerint a
csillagkeletkezésre nem
érvényes a
termodinamika második
főtétele???



NODE...

2. A csillagok keletkezése



hideg, ritka
gázfelhő



langyos,
sűrűbb
gázfelhő

közben
hősugárzás
távozik el



forró,
sűrű
csillag,
körülötte
a hideg
világűr

egyetlen hőtartályból
kettő lesz, közben
energiakibocsátás

a homogén masszából
strukturált, térben
rendezett állapot
fejlődik ki!

ez a folyamat
megvalósítja Pista bácsi
szuperhajóját!

eszerint a
csillagkeletkezésre nem
érvényes a
termodinamika második
főtétele???

esetleg rosszul tudjuk a
termodinamikát???



Nem csak a csillagok keletkezése, későbbi sorsuk is felvet „termodinamikai paradoxonokat”



Nem csak a csillagok keletkezése, későbbi sorsuk is felvet „termodinamikai paradoxonokat”



Nem csak a csillagok keletkezése, későbbi sorsuk is felvet „termodinamikai paradoxonokat”



Nem csak a csillagok keletkezése, későbbi sorsuk is felvet „termodinamikai paradoxonokat”



minden gázmolekula egy
kupacban a sarokban



Nem csak a csillagok keletkezése, későbbi sorsuk is felvet „termodinamikai paradoxonokat”

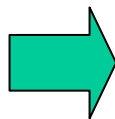


minden gázmolekula egy
kupacban a sarokban

**rendezett, kis entrópiájú
kezdőállapot**



Nem csak a csillagok keletkezése, későbbi sorsuk is felvet „termodinamikai paradoxonokat”



minden gázmolekula egy
kupacban a sarokban

**rendezett, kis entrópiájú
kezdőállapot**

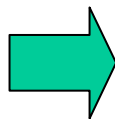


Nem csak a csillagok keletkezése, későbbi sorsuk is felvet „termodinamikai paradoxonokat”



minden gázmolekula egy
kupacban a sarokban

**rendezett, kis entrópiájú
kezdőállapot**



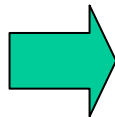
kb 1 s

Nem csak a csillagok keletkezése, későbbi sorsuk is felvet „termodinamikai paradoxonokat”

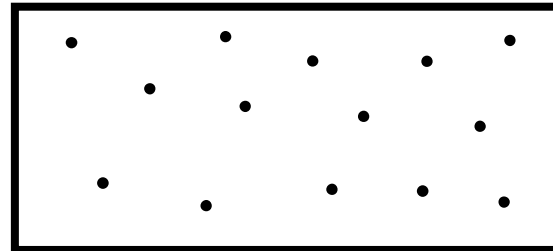


minden gázmolekula egy
kupacban a sarokban

rendezett, kis entrópiájú
kezdőállapot



kb 1 s

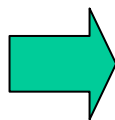


Nem csak a csillagok keletkezése, későbbi sorsuk is felvet „termodinamikai paradoxonokat”

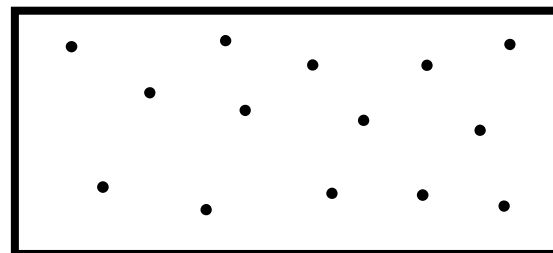


minden gázmolekula egy
kupacban a sarokban

rendezett, kis entrópiájú
kezdőállapot



kb 1 s



egyenletes eloszlású
gázmolekulák

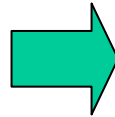


Nem csak a csillagok keletkezése, későbbi sorsuk is felvet „termodinamikai paradoxonokat”

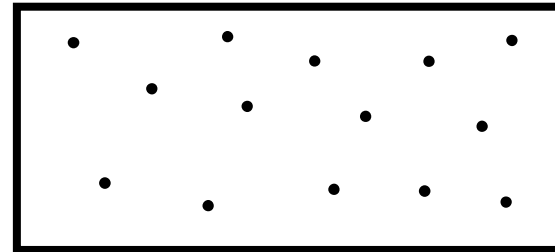


minden gázmolekula egy
kupacban a sarokban

rendezett, kis entrópiájú
kezdőállapot



kb 1 s



egyenletes eloszlású
gázmolekulák

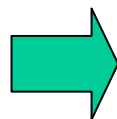
rendezetlen, nagy entrópiájú
végállapot

Nem csak a csillagok keletkezése, későbbi sorsuk is felvet „termodinamikai paradoxonokat”

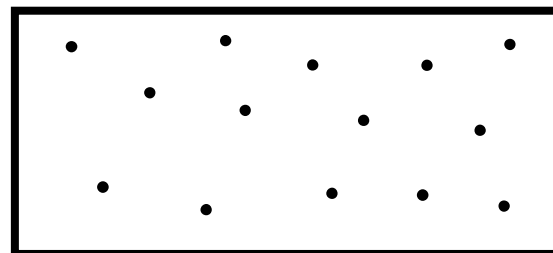


minden gázmolekula egy kupacban a sarokban

rendezett, kis entrópiájú kezdőállapot

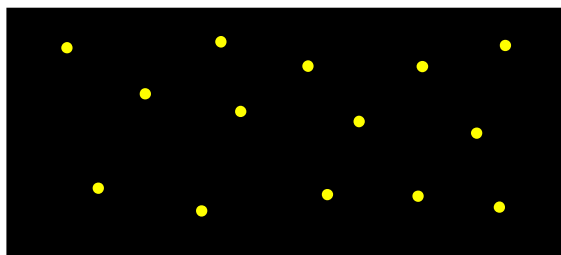


kb 1 s



egyenletes eloszlású gázmolekulák

rendezetlen, nagy entrópiájú végállapot

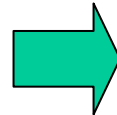


Nem csak a csillagok keletkezése, későbbi sorsuk is felvet „termodinamikai paradoxonokat”

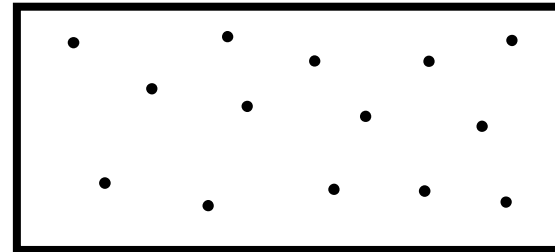


minden gázmolekula egy kupacban a sarokban

rendezett, kis entrópiájú kezdőállapot

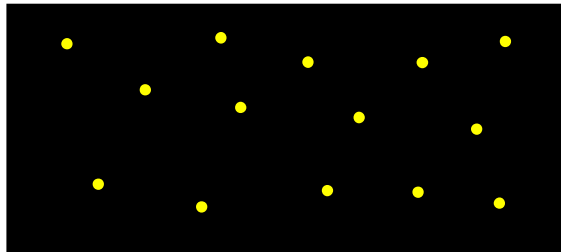


kb 1 s



egyenletes eloszlású gázmolekulák

rendezetlen, nagy entrópiájú végállapot



csillagokkal egyenletesen benépesített galaxis

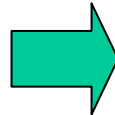


Nem csak a csillagok keletkezése, későbbi sorsuk is felvet „termodinamikai paradoxonokat”

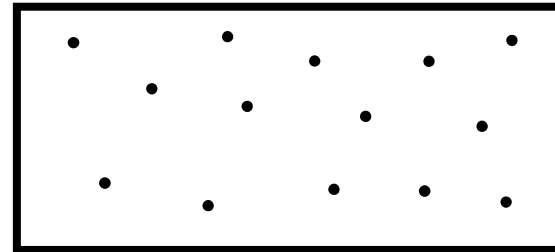


minden gázmolekula egy kupacban a sarokban

rendezett, kis entrópiájú kezdőállapot

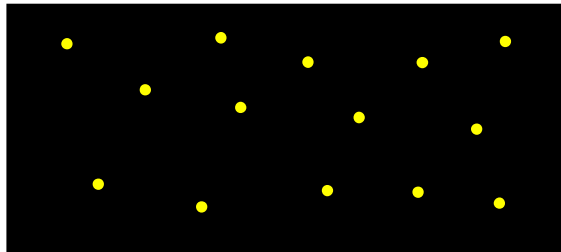


kb 1 s

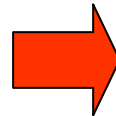


egyenletes eloszlású gázmolekulák

rendezetlen, nagy entrópiájú végállapot



csillagokkal egyenletesen benépesített galaxis

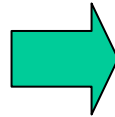


Nem csak a csillagok keletkezése, későbbi sorsuk is felvet „termodinamikai paradoxonokat”

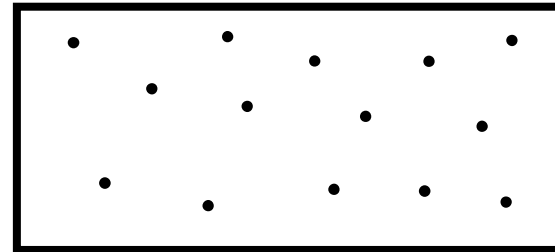


minden gázmolekula egy kupacban a sarokban

rendezett, kis entrópiájú kezdőállapot

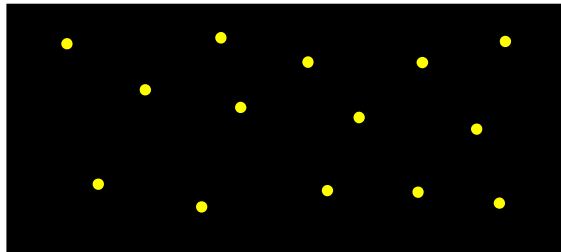


kb 1 s

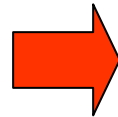


egyenletes eloszlású gázmolekulák

rendezetlen, nagy entrópiájú végállapot



csillagokkal egyenletesen benépesített galaxis



10^{30} év

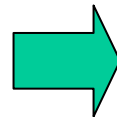


Nem csak a csillagok keletkezése, későbbi sorsuk is felvet „termodinamikai paradoxonokat”

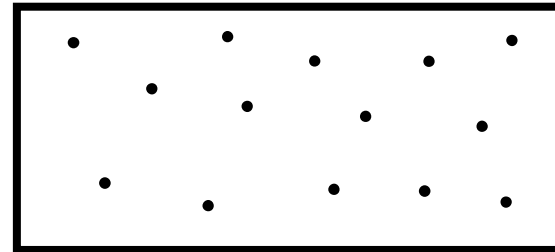


minden gázmolekula egy kupacban a sarokban

rendezett, kis entrópiájú kezdőállapot

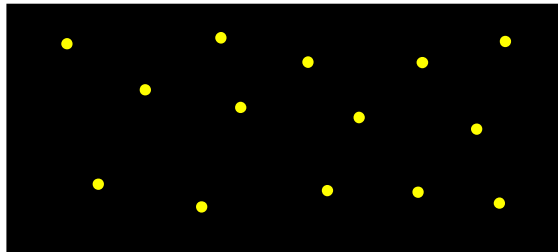


kb 1 s

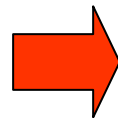


egyenletes eloszlású gázmolekulák

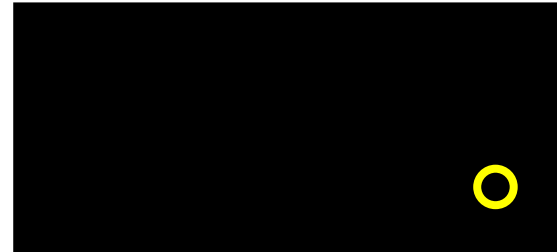
rendezetlen, nagy entrópiájú végállapot



csillagokkal egyenletesen benépesített galaxis



10^{30} év

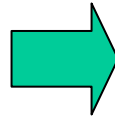


Nem csak a csillagok keletkezése, későbbi sorsuk is felvet „termodinamikai paradoxonokat”

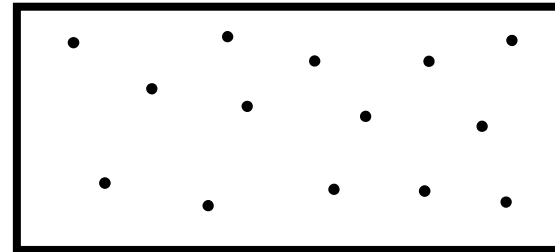


minden gázmolekula egy kupacban a sarokban

rendezett, kis entrópiájú kezdőállapot

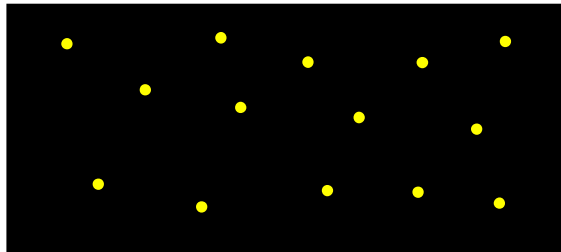


kb 1 s

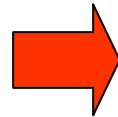


egyenletes eloszlású gázmolekulák

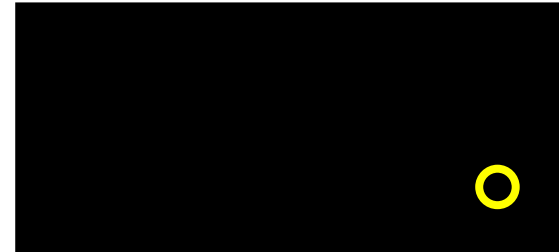
rendezetlen, nagy entrópiájú végállapot



csillagokkal egyenletesen benépesített galaxis



10^{30} év



az összes anyag egyetlen fekete lyukban gyűlik össze

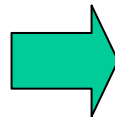


Nem csak a csillagok keletkezése, későbbi sorsuk is felvet „termodinamikai paradoxonokat”

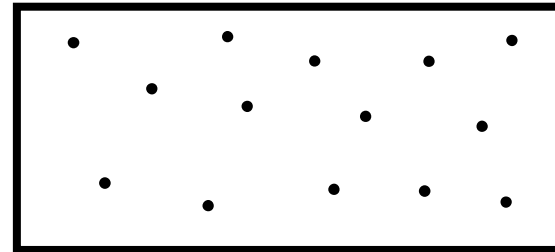


minden gázmolekula egy kupacban a sarokban

rendezett, kis entrópiájú kezdőállapot

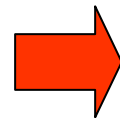
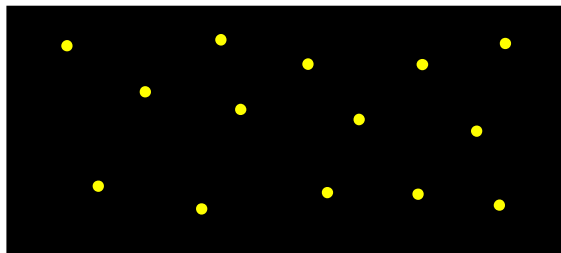


kb 1 s

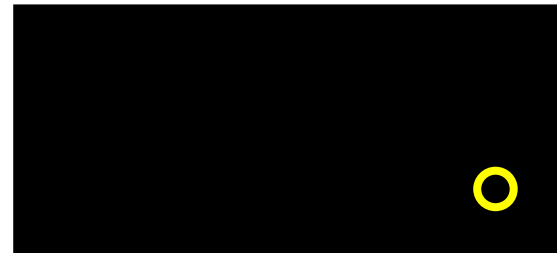


homogén

rendezetlen, nagy entrópiájú végállapot



10^{30} év

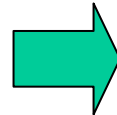


Nem csak a csillagok keletkezése, későbbi sorsuk is felvet „termodinamikai paradoxonokat”

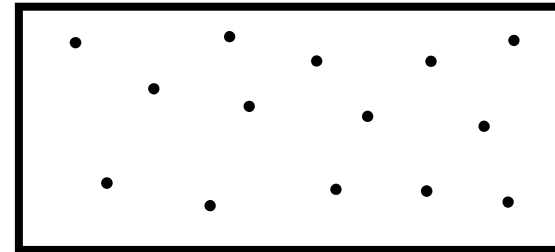


minden gázmolekula egy kupacban a sarokban

rendezett, kis entrópiájú kezdőállapot

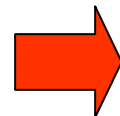
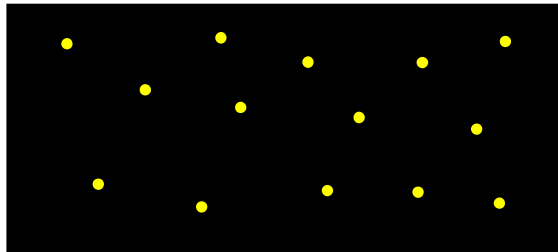


kb 1 s

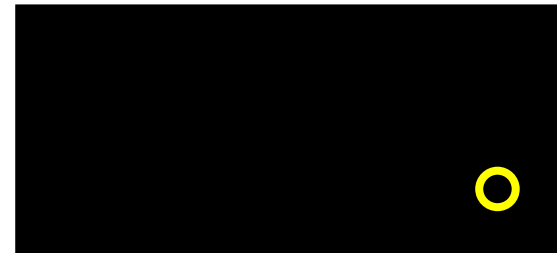


homogén

rendezetlen, nagy entrópiájú végállapot



10^{30} év



inhomogén

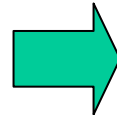


Nem csak a csillagok keletkezése, későbbi sorsuk is felvet „termodinamikai paradoxonokat”

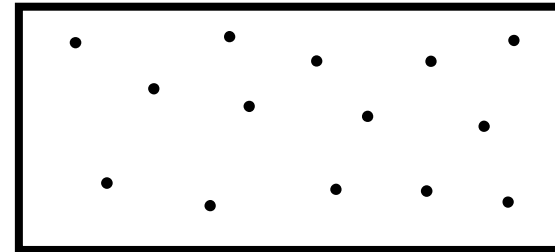


minden gázmolekula egy kupacban a sarokban

rendezett, kis entrópiájú kezdőállapot

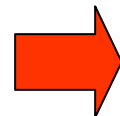
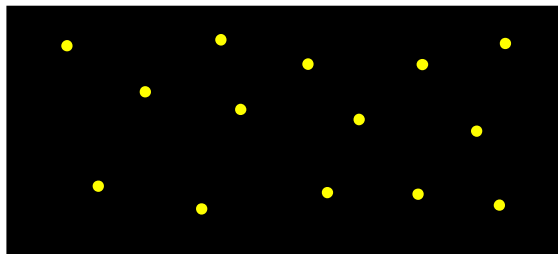


kb 1 s

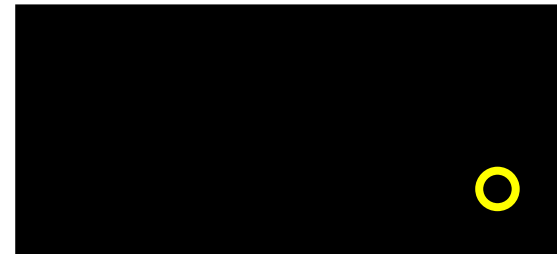


homogén

rendezetlen, nagy entrópiájú végállapot



10^{30} év



inhomogén

Talán mégsem az egyenletes anyageloszlású homogén massa a végső HŐHALÁL állapota???



Mi okozza ezt a különbséget?



Mi okozza ezt a különbséget?

a közönséges termodinamika ki nem mondott, rejtett előfeltevései!



Mi okozza ezt a különbséget?

a közönséges termodinamika ki nem mondott, rejtett előfeltevései!

a/ A két esetben más az alkotórészek közti kölcsönhatás mechanizmusa!



Mi okozza ezt a különbséget?

a közönséges termodinamika ki nem mondott, rejtett előfeltevései!

a/ A két esetben más az alkotórészek közti kölcsönhatás mechanizmusa!

köznapi termodinamika:



Mi okozza ezt a különbséget?

a közönséges termodinamika ki nem mondott, rejtett előfeltevései!

a/ A két esetben más az alkotórészek közti kölcsönhatás mechanizmusa!

köznapi termodinamika:
„pingponglabda-fizika”

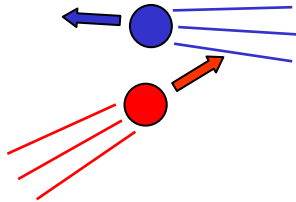


Mi okozza ezt a különbséget?

a közönséges termodinamika ki nem mondott, rejtett előfeltevései!

a/ A két esetben más az alkotórészek közti kölcsönhatás mechanizmusa!

köznapi termodinamika:
„pingponglabda-fizika”

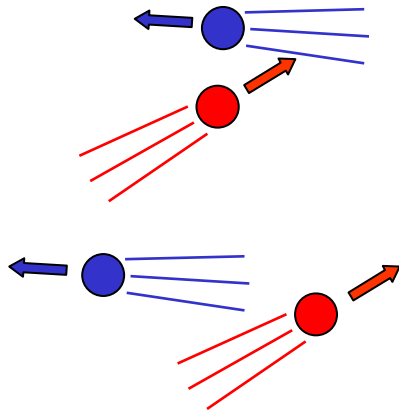


Mi okozza ezt a különbséget?

a közönséges termodinamika ki nem mondott, rejtett előfeltevései!

a/ A két esetben más az alkotórészek közti kölcsönhatás mechanizmusa!

köznapi termodinamika:
„pingponglabda-fizika”

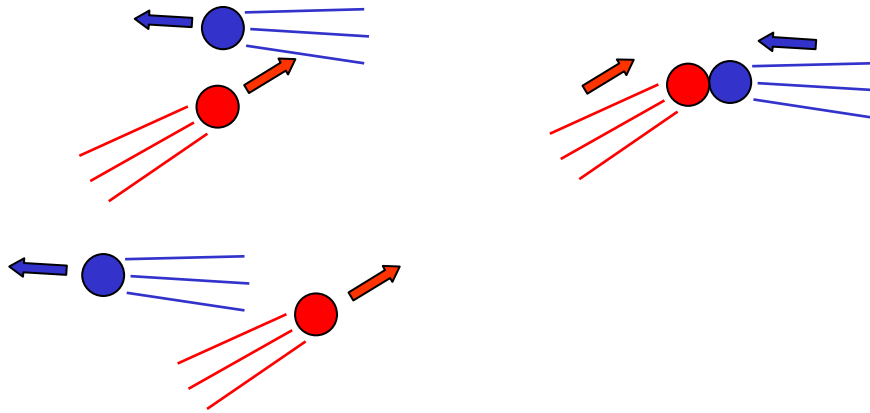


Mi okozza ezt a különbséget?

a közönséges termodinamika ki nem mondott, rejtett előfeltevései!

a/ A két esetben más az alkotórészek közti kölcsönhatás mechanizmusa!

köznapi termodinamika:
„pingponglabda-fizika”

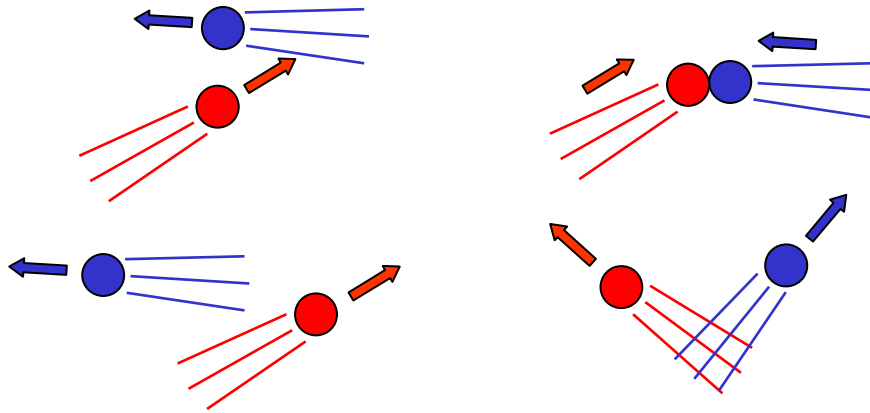


Mi okozza ezt a különbséget?

a közönséges termodinamika ki nem mondott, rejtett előfeltevései!

a/ A két esetben más az alkotórészek közti kölcsönhatás mechanizmusa!

köznapi termodinamika:
„pingponglabda-fizika”

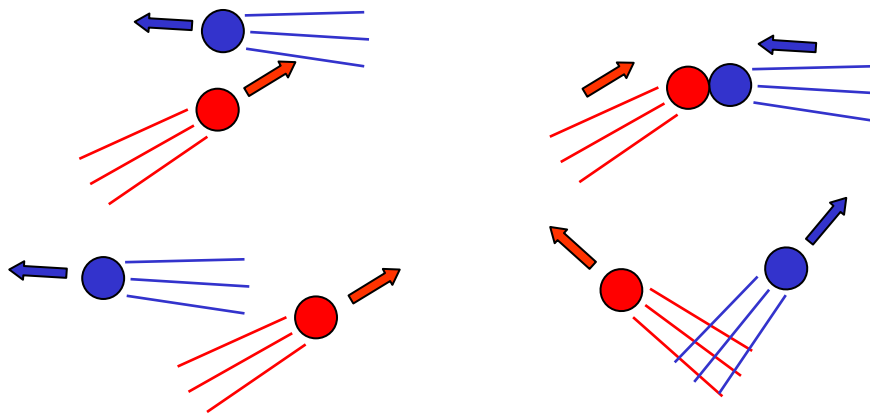


Mi okozza ezt a különbséget?

a közönséges termodinamika ki nem mondott, rejtett előfeltevései!

a/ A két esetben más az alkotórészek közti kölcsönhatás mechanizmusa!

köznapi termodinamika:
„pingponglabda-fizika”



rövid hatótávolságú
molekuláris taszítóerők

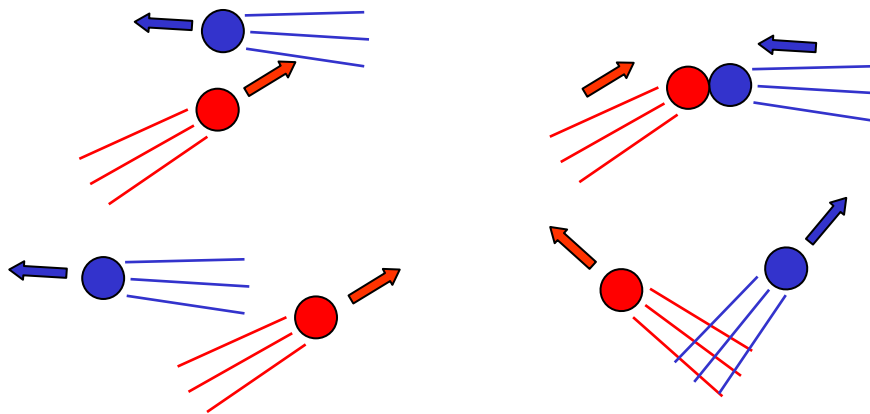


Mi okozza ezt a különbséget?

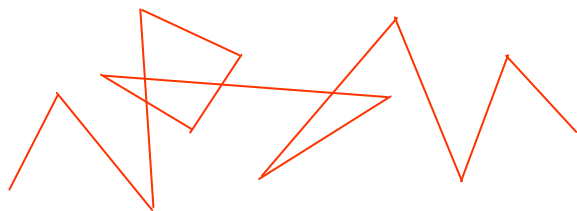
a közönséges termodinamika ki nem mondott, rejtett előfeltevései!

a/ A két esetben más az alkotórészek közti kölcsönhatás mechanizmusa!

köznapi termodinamika:
„pingponglabda-fizika”



rövid hatótávolságú
molekuláris taszítóerők

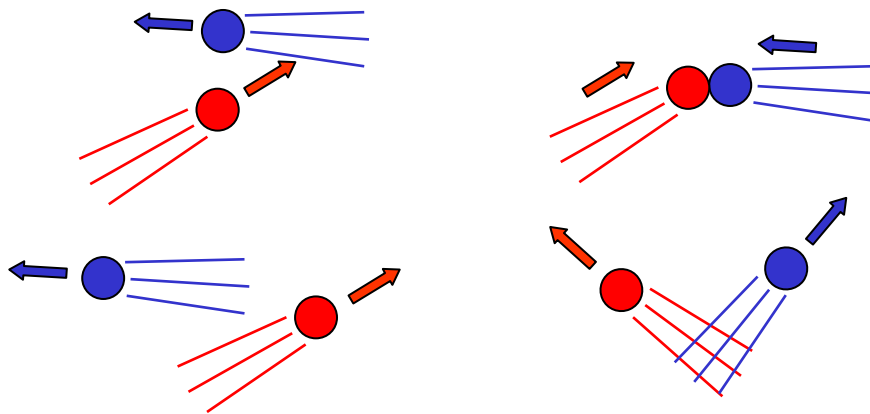


Mi okozza ezt a különbséget?

a közönséges termodinamika ki nem mondott, rejtett előfeltevései!

a/ A két esetben más az alkotórészek közti kölcsönhatás mechanizmusa!

köznapi termodinamika:
„pingponglabda-fizika”



rövid hatótávolságú
molekuláris taszítóerők

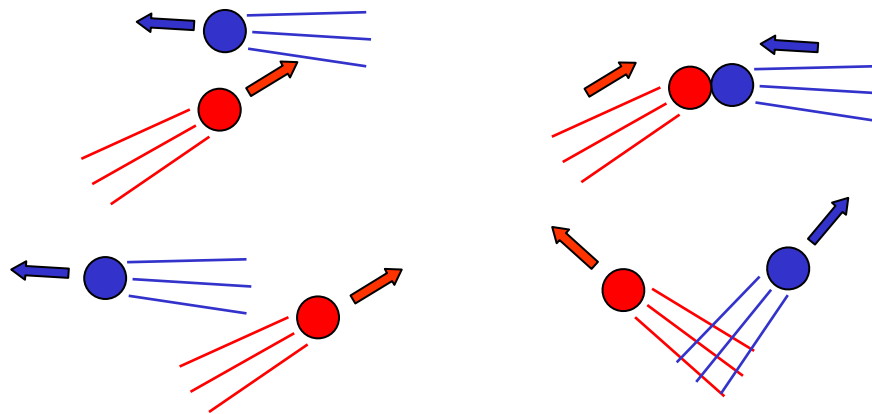


Mi okozza ezt a különbséget?

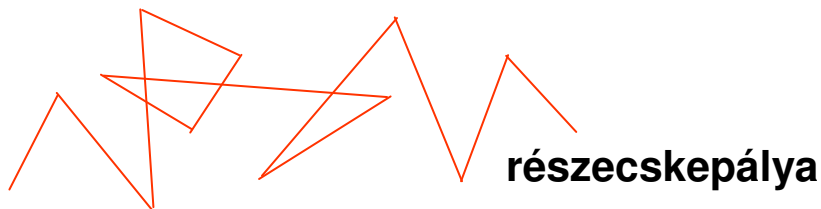
a közönséges termodinamika ki nem mondott, rejtett előfeltevései!

a/ A két esetben más az alkotórészek közti kölcsönhatás mechanizmusa!

köznapis termodinamika:
„pingponglabda-fizika”



rövid hatótávolságú
molekuláris taszítóerők



csillag- és kozmofizika

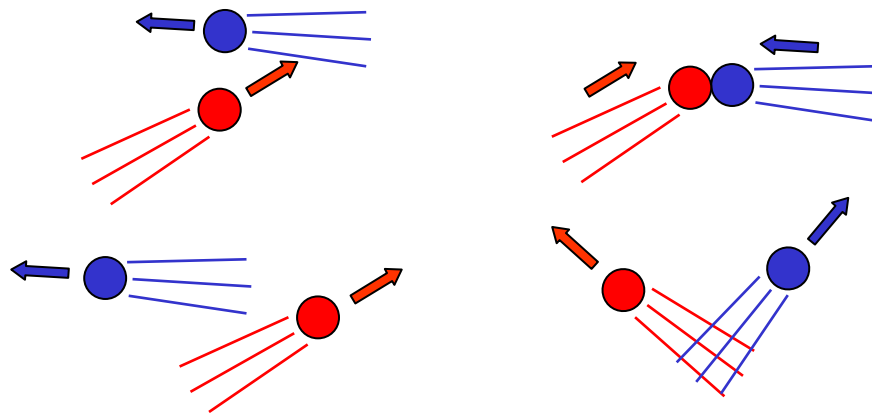


Mi okozza ezt a különbséget?

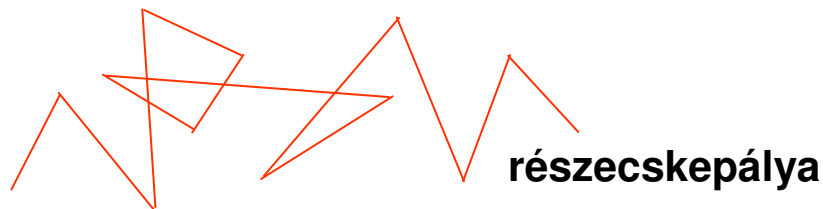
a közönséges termodinamika ki nem mondott, rejtett előfeltevései!

a/ A két esetben más az alkotórészek közti kölcsönhatás mechanizmusa!

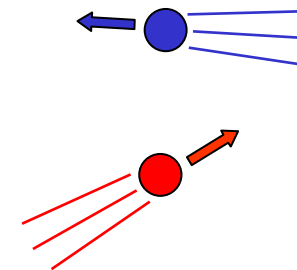
köznapis termodinamika:
„pingponglabda-fizika”



rövid hatótávolságú
molekuláris taszítóerők



csillag- és kozmofizika

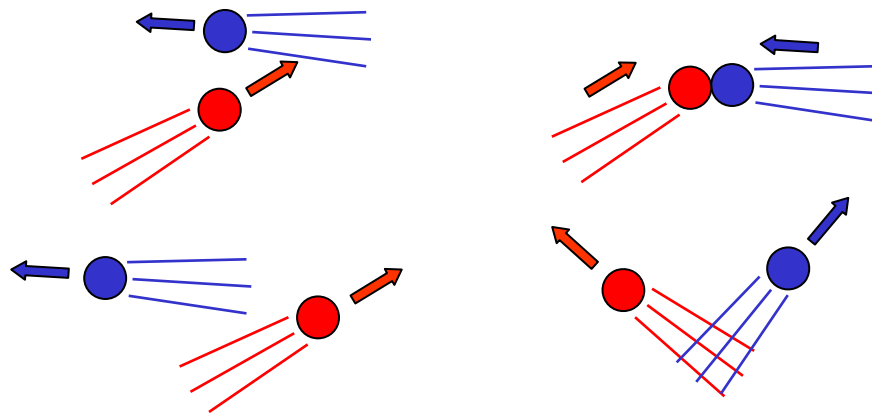


Mi okozza ezt a különbséget?

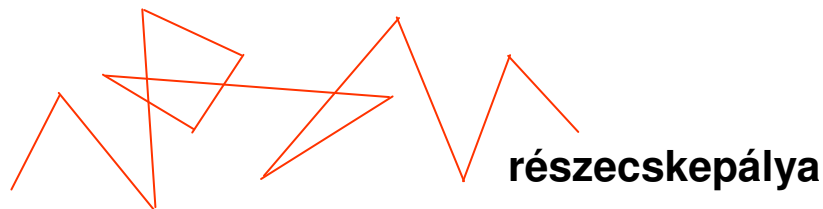
a közönséges termodinamika ki nem mondott, rejtett előfeltevései!

a/ A két esetben más az alkotórészek közti kölcsönhatás mechanizmusa!

köznapis termodinamika:
„pingponglabda-fizika”

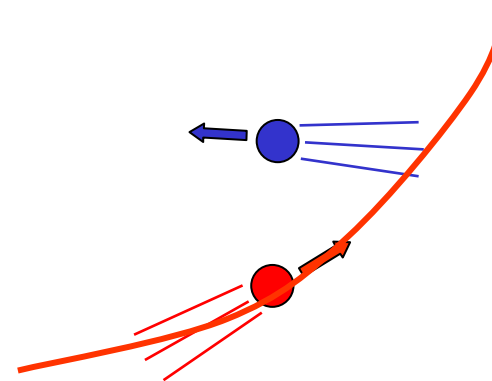


rövid hatótávolságú
molekuláris taszítóerők



részecskepálya

csillag- és kozmofizika

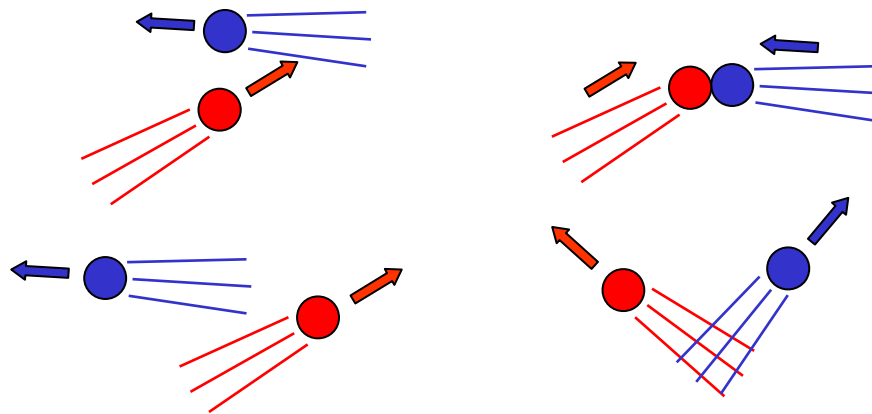


Mi okozza ezt a különbséget?

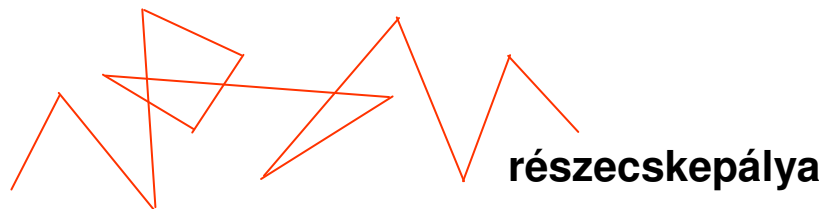
a közönséges termodinamika ki nem mondott, rejtett előfeltevései!

a/ A két esetben más az alkotórészek közti kölcsönhatás mechanizmusa!

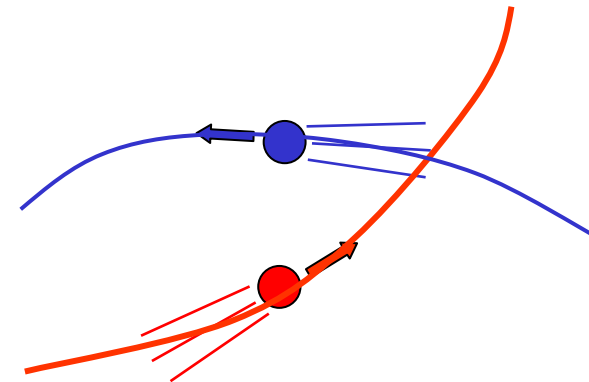
köznapis termodinamika:
„pingponglabda-fizika”



rövid hatótávolságú
molekuláris taszítóerők



csillag- és kozmofizika

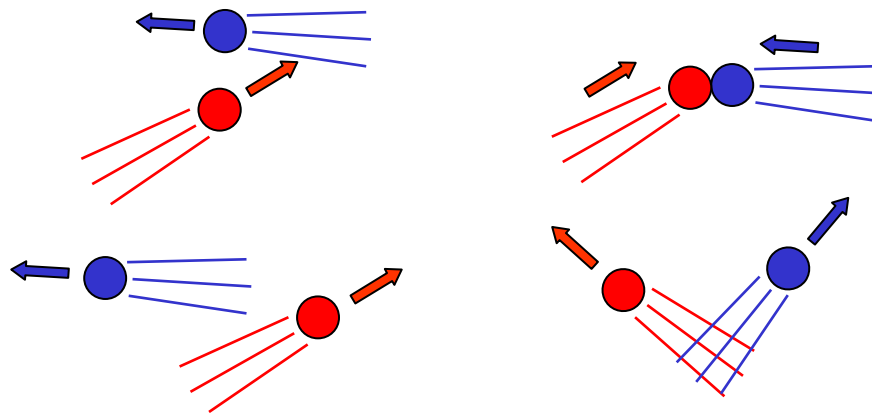


Mi okozza ezt a különbséget?

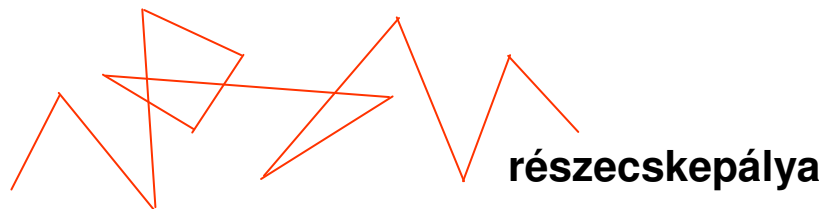
a közönséges termodinamika ki nem mondott, rejtett előfeltevései!

a/ A két esetben más az alkotórészek közti kölcsönhatás mechanizmusa!

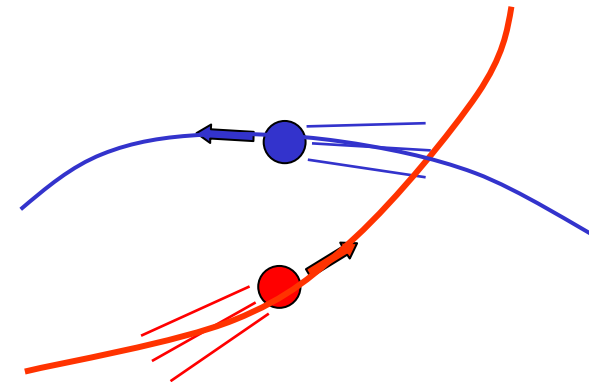
köznapis termodinamika:
„pingponglabda-fizika”



rövid hatótávolságú
molekuláris taszítóerők



csillag- és kozmofizika



hosszú hatótávolságú,
leárnyékolhatatlan vonzóerő:

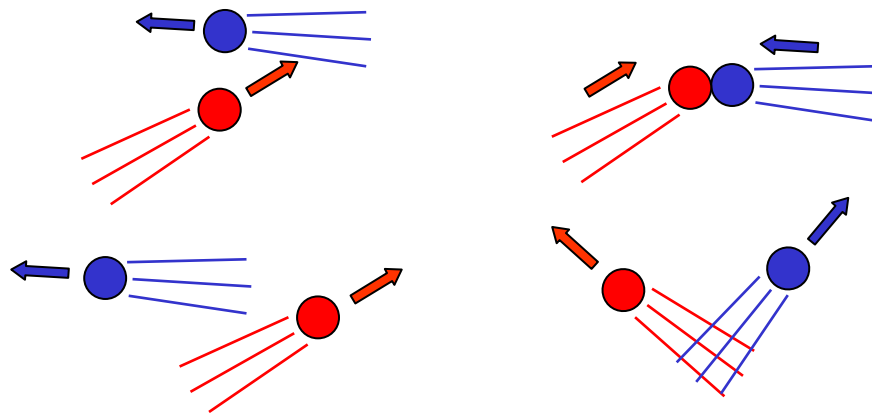


Mi okozza ezt a különbséget?

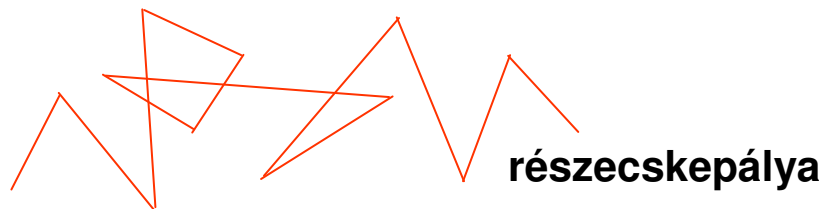
a közönséges termodinamika ki nem mondott, rejtett előfeltevései!

a/ A két esetben más az alkotórészek közti kölcsönhatás mechanizmusa!

köznapis termodinamika:
„pingponglabda-fizika”

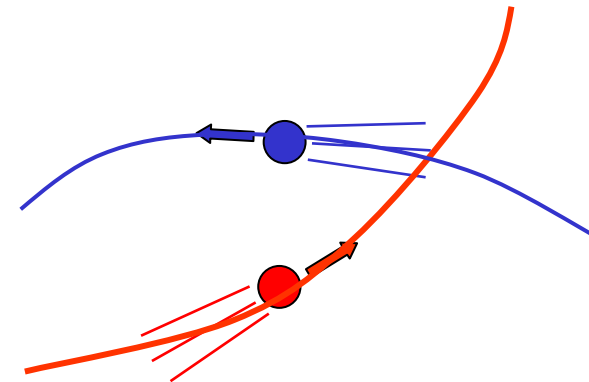


rövid hatótávolságú
molekuláris taszítóerők



részecskepálya

csillag- és kozmofizika



hosszú hatótávolságú,
leárnyékolhatatlan vonzóerő:
a gravitáció



b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) nyílt rendszer!



b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével



b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes:



b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

**A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes:
teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.**



b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

**A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes:
teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.**

Nyílt rendszerben az energia nem mindig állandó.



b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

**A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes:
teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.**

Nyílt rendszerben az energia nem mindig állandó.

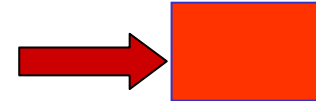


b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

**A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes:
teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.**

Nyílt rendszerben az energia nem mindig állandó.

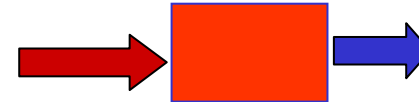


b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

**A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes:
teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.**

Nyílt rendszerben az energia nem mindig állandó.

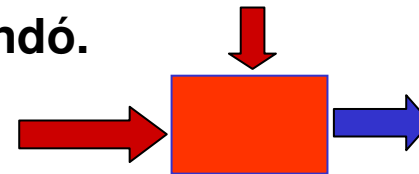


b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes:
teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.

Nyílt rendszerben az energia nem mindig állandó.

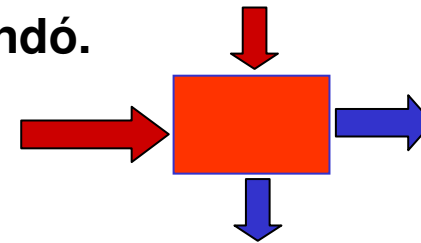


b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes:
teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.

Nyílt rendszerben az energia nem mindig állandó.



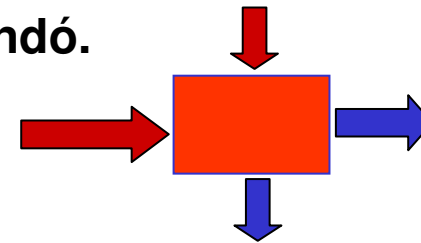
b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes:
teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.

Nyílt rendszerben az energia nem mindig állandó.

Milyen irányú az energiacsere?



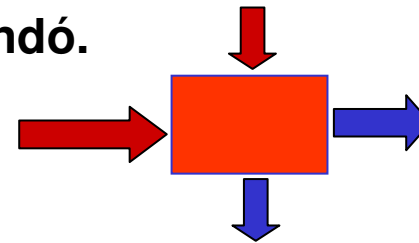
b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes:
teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.

Nyílt rendszerben az energia nem mindig állandó.

Milyen irányú az energiacsere?



Tekintsük a nyílt rendszert egy nagyobb zárt rendszer részének!

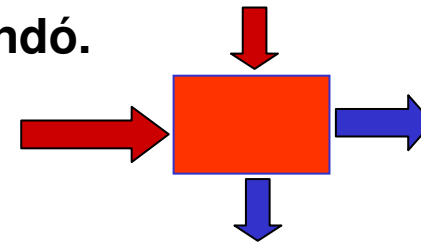
b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes:
teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.

Nyílt rendszerben az energia nem mindig állandó.

Milyen irányú az energiacsere?



Tekintsük a nyílt rendszert egy nagyobb zárt rendszer részének!



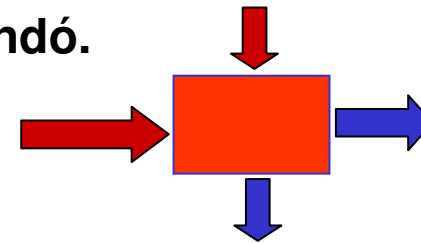
b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

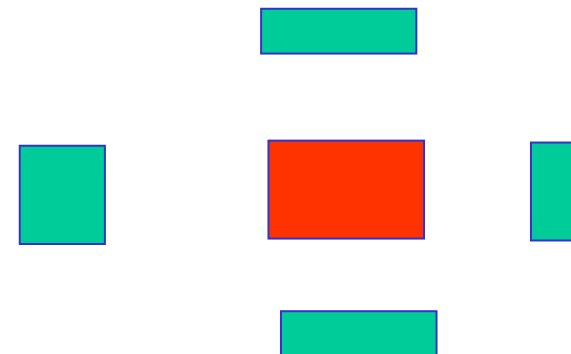
A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes:
teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.

Nyílt rendszerben az energia nem mindig állandó.

Milyen irányú az energiacsere?



Tekintsük a nyílt rendszert egy nagyobb zárt rendszer részének!



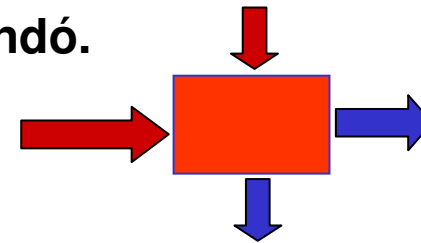
b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

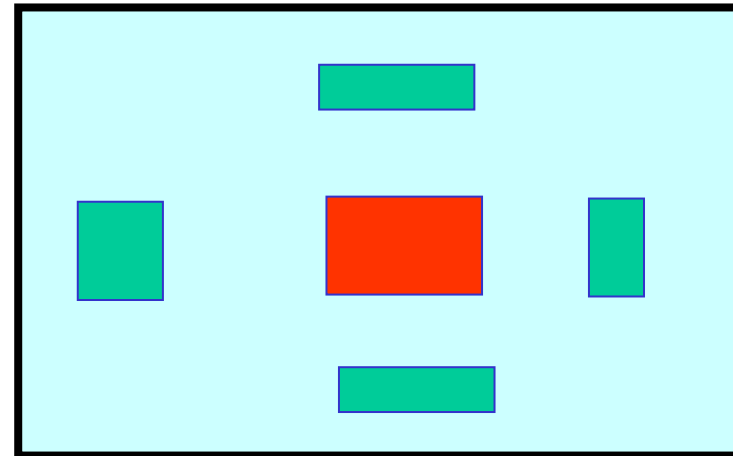
A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes:
teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.

Nyílt rendszerben az energia nem mindig állandó.

Milyen irányú az energiacsere?



Tekintsük a nyílt rendszert egy nagyobb zárt rendszer részének!



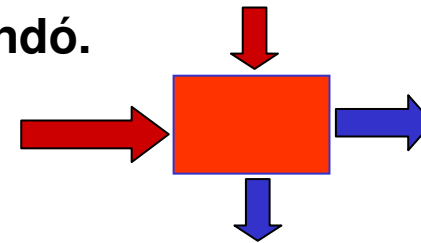
b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes:
teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.

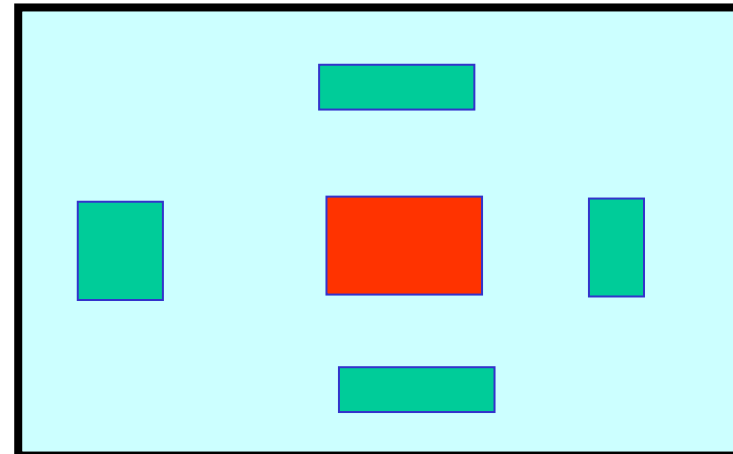
Nyílt rendszerben az energia nem mindig állandó.

Milyen irányú az energiacsere?



Tekintsük a nyílt rendszert egy nagyobb zárt rendszer részének!

a nagy rendszer a kiegyenlítőds felé tart



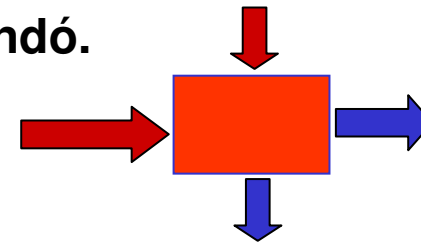
b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes:
teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.

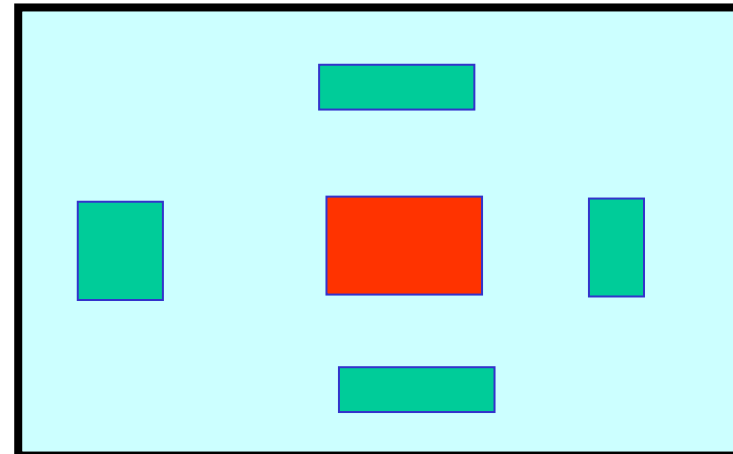
Nyílt rendszerben az energia nem mindig állandó.

Milyen irányú az energiacsere?



Tekintsük a nyílt rendszert egy nagyobb zárt rendszer részének!

a nagy rendszer a kiegyenlítődés felé tart
ez szabja meg az energiaáramlás irányát



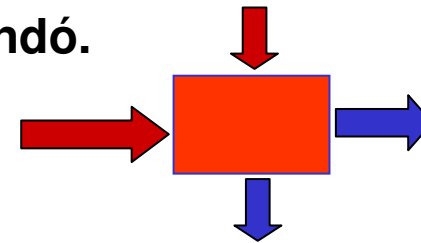
b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes:
teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.

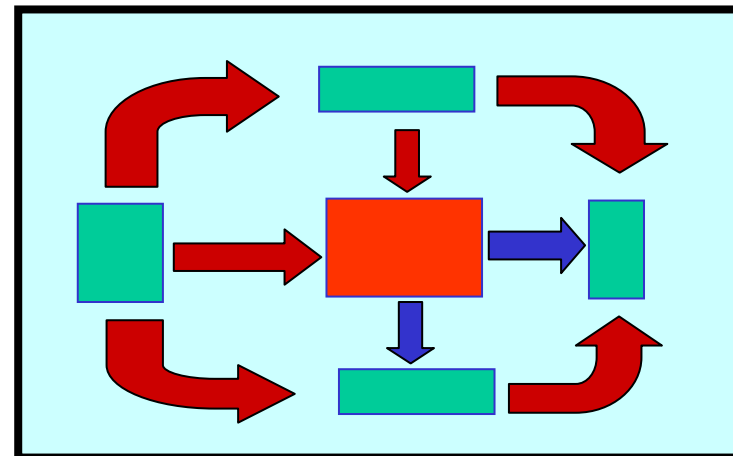
Nyílt rendszerben az energia nem mindig állandó.

Milyen irányú az energiacsere?



Tekintsük a nyílt rendszert egy nagyobb zárt rendszer részének!

a nagy rendszer a kiegyenlítődés felé tart
ez szabja meg az energiaáramlás irányát



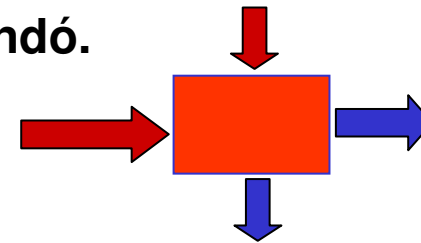
b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes:
teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.

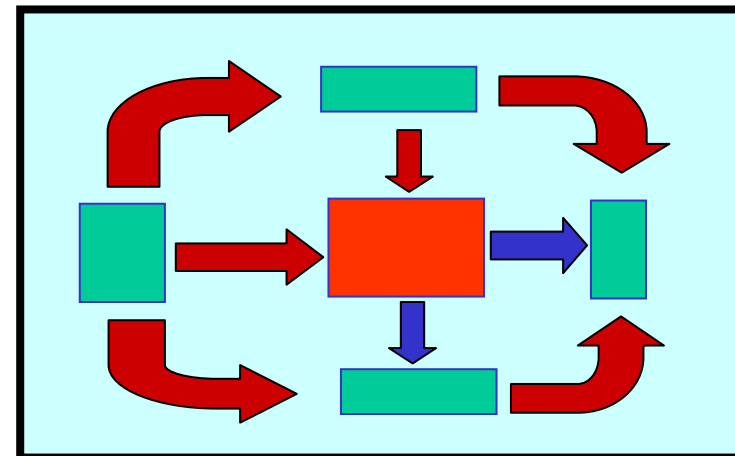
Nyílt rendszerben az energia nem mindig állandó.

Milyen irányú az energiacsere?



Tekintsük a nyílt rendszert egy nagyobb zárt rendszer részének!

a nagy rendszer a kiegyenlítődés felé tart
ez szabja meg az energiaáramlás irányát



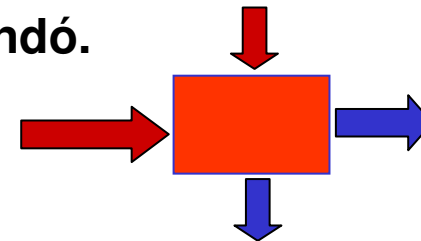
b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes:
teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.

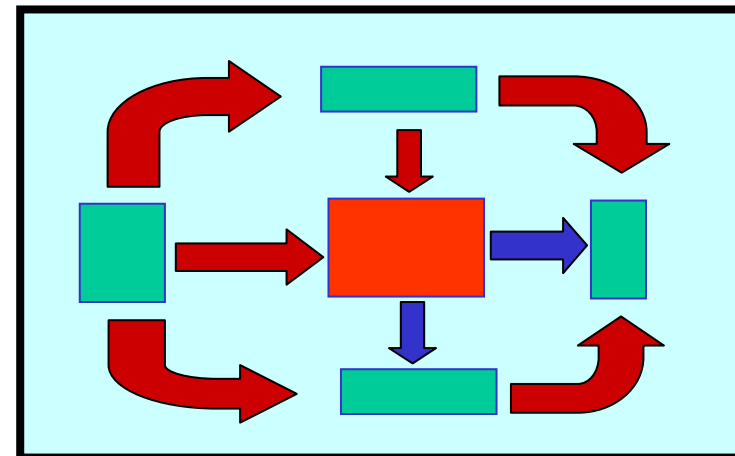
Nyílt rendszerben az energia nem mindig állandó.

Milyen irányú az energiacsere?



Tekintsük a nyílt rendszert egy nagyobb zárt rendszer részének!

a nagy rendszer a kiegyenlítődés felé tart
ez szabja meg az energiaáramlás irányát



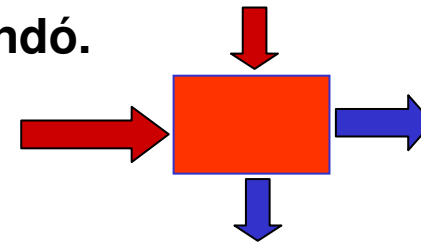
b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes: teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.

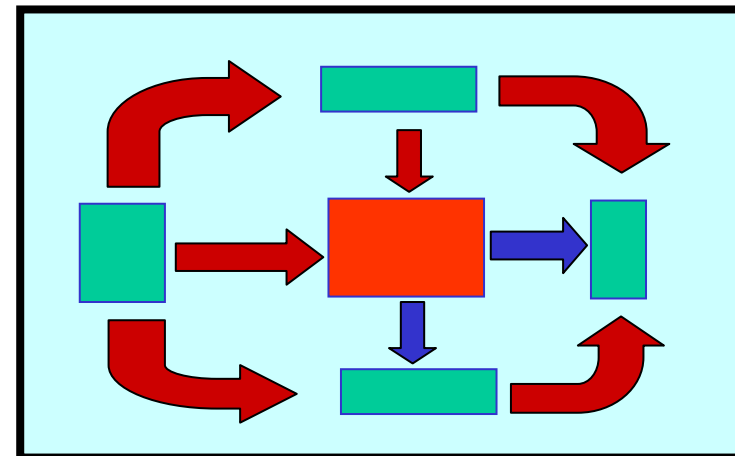
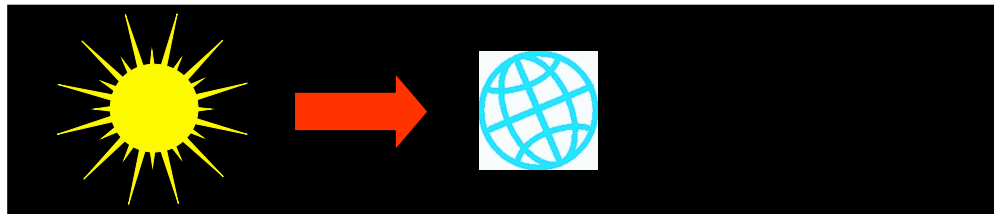
Nyílt rendszerben az energia nem mindig állandó.

Milyen irányú az energiacsere?



Tekintsük a nyílt rendszert egy nagyobb zárt rendszer részének!

a nagy rendszer a kiegyenlítődés felé tart
ez szabja meg az energiaáramlás irányát



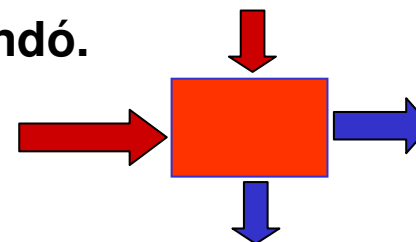
b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes: teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.

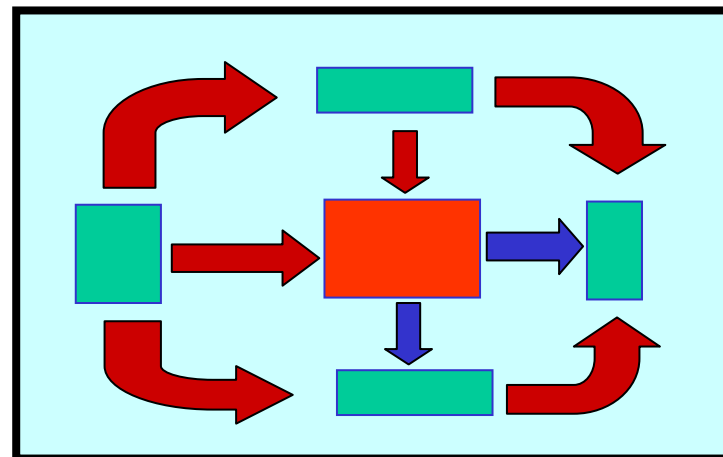
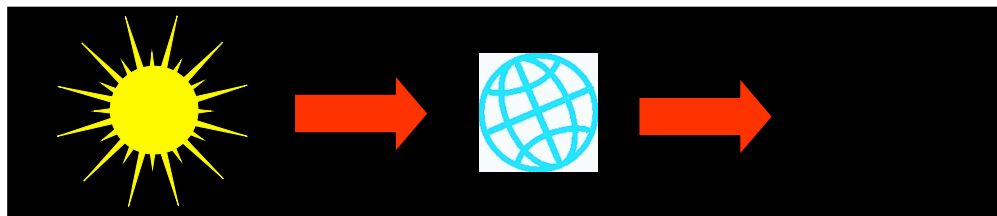
Nyílt rendszerben az energia nem mindig állandó.

Milyen irányú az energiacsere?



Tekintsük a nyílt rendszert egy nagyobb zárt rendszer részének!

a nagy rendszer a kiegyenlítődés felé tart
ez szabja meg az energiaáramlás irányát



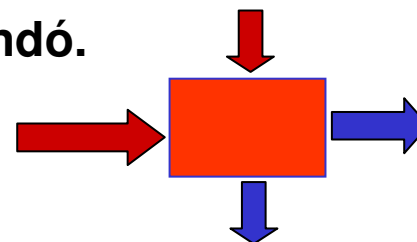
b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes: teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.

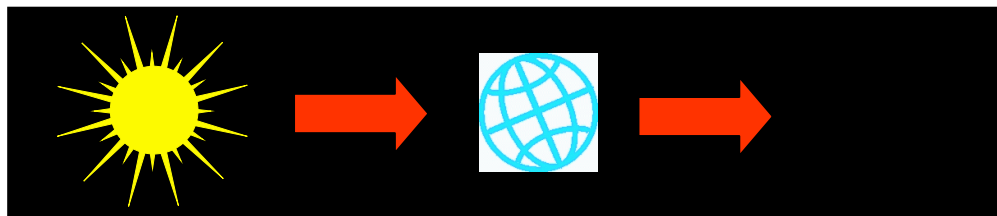
Nyílt rendszerben az energia nem mindig állandó.

Milyen irányú az energiacsere?

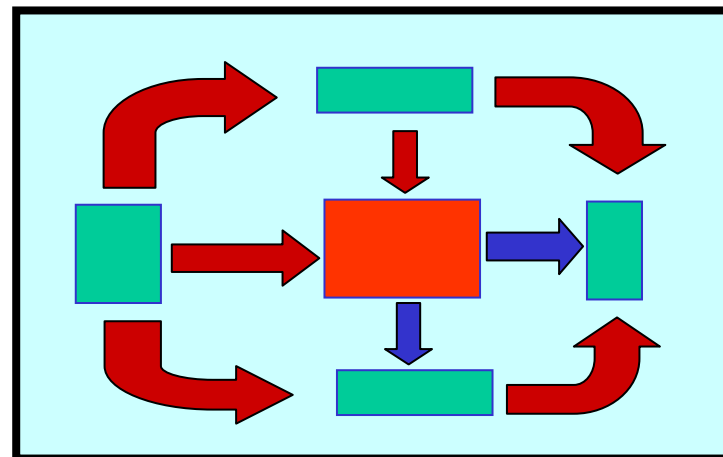


Tekintsük a nyílt rendszert egy nagyobb zárt rendszer részének!

a nagy rendszer a kiegyenlítődés felé tart
ez szabja meg az energiaáramlás irányát



A Föld is nyílt rendszer, állandó energiával



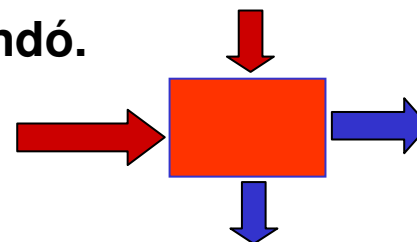
b/ A csillaggá váló gázfelhő (energetikailag) **nyílt rendszer!**

azaz energiát tud cserélni a környezetével

A termodinamika entrópia-maximum tétele csak zárt rendszerekre érvényes: teljes energiájuk állandó, entrópiájuk a maximumhoz tart.

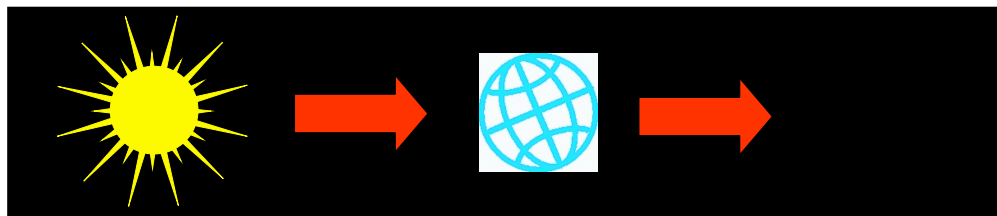
Nyílt rendszerben az energia nem mindig állandó.

Milyen irányú az energiacsere?

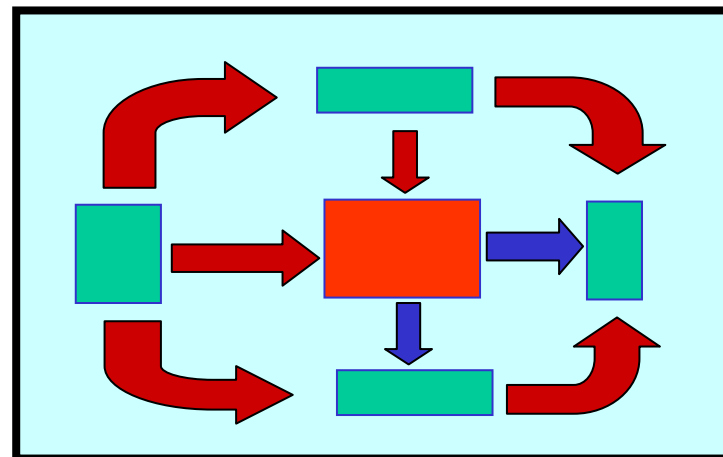


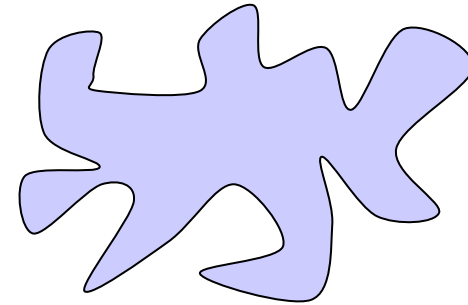
Tekintsük a nyílt rendszert egy nagyobb zárt rendszer részének!

a nagy rendszer a kiegyenlítődés felé tart
ez szabja meg az energiaáramlás irányát

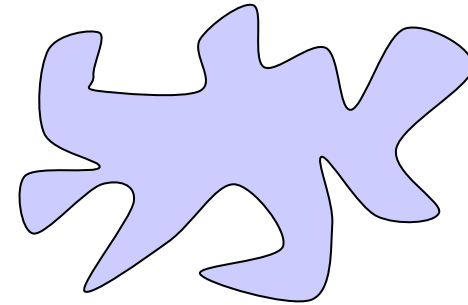


A Föld is nyílt rendszer, állandó energiával
Ami befolyik, az rögtön kifolyik

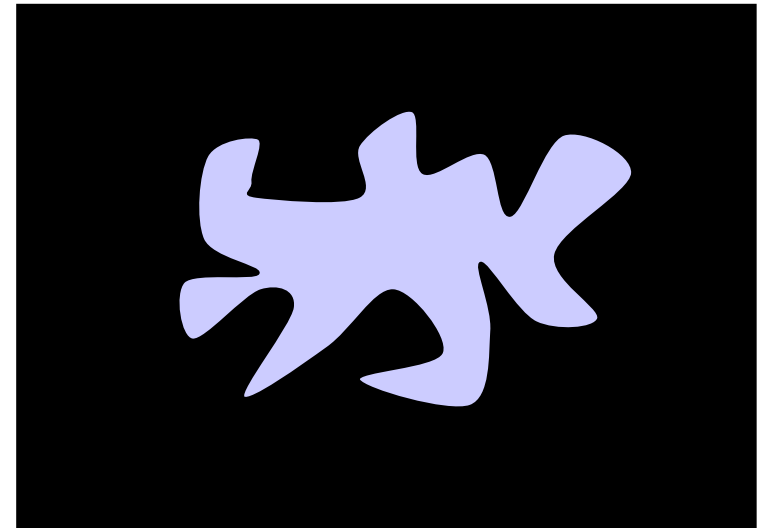




Az Univerzum mai állapotában egy magányos gázfelhő környezete általában a hideg világűr

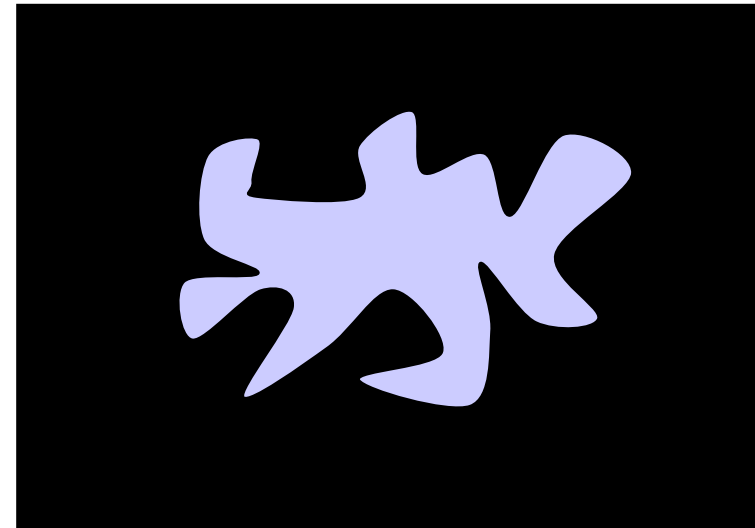


Az Univerzum mai állapotában egy magányos gázfelhő környezete általában a hideg világűr



**Az Univerzum mai állapotában egy
magányos gázfelhő környezete
általában a hideg világűr**

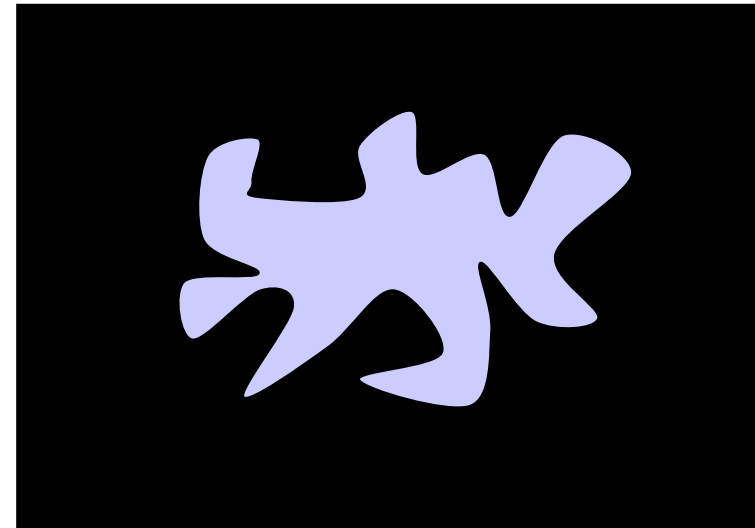
ezért tipikusan energiát ad át környezetének



Az Univerzum mai állapotában egy magányos gázfelhő környezete általában a hideg világűr

ezért tipikusan energiát ad át környezetének

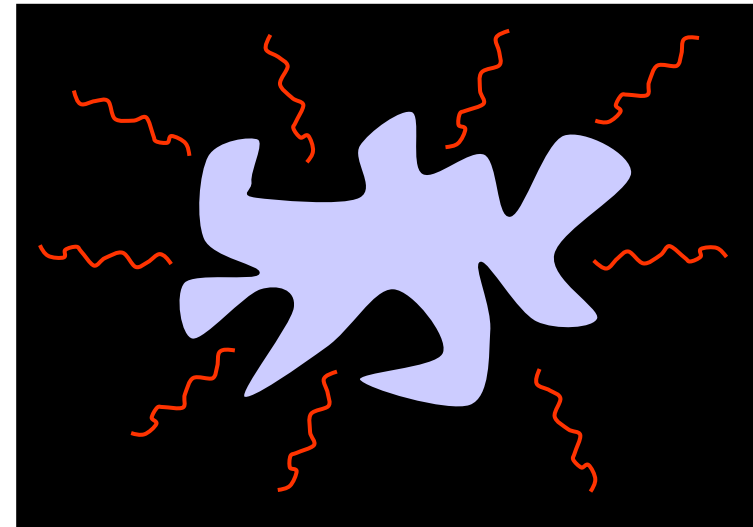
ennek mechanizmusa a **hősugárzás**



Az Univerzum mai állapotában egy magányos gázfelhő környezete általában a hideg világűr

ezért tipikusan energiát ad át környezetének

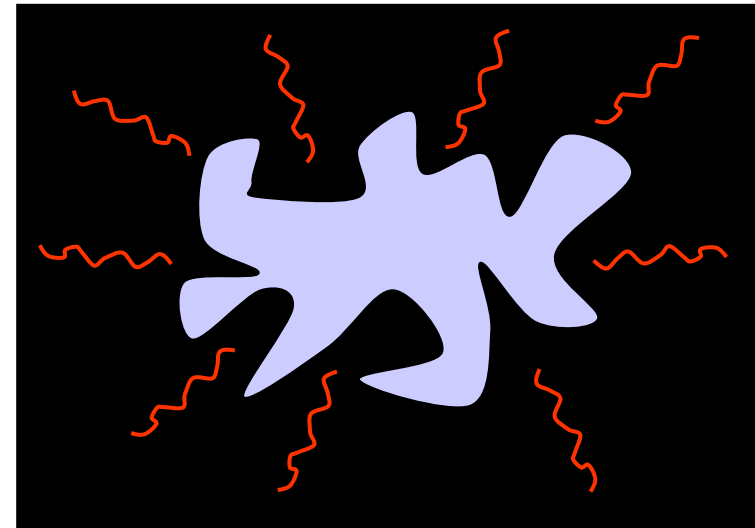
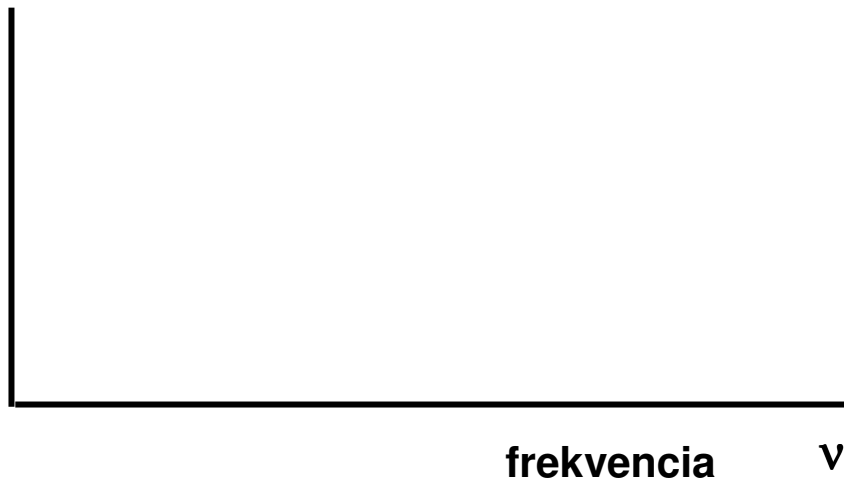
ennek mechanizmusa a **hősugárzás**



Az Univerzum mai állapotában egy magányos gázfelhő környezete általában a hideg világűr

ezért tipikusan energiát ad át környezetének

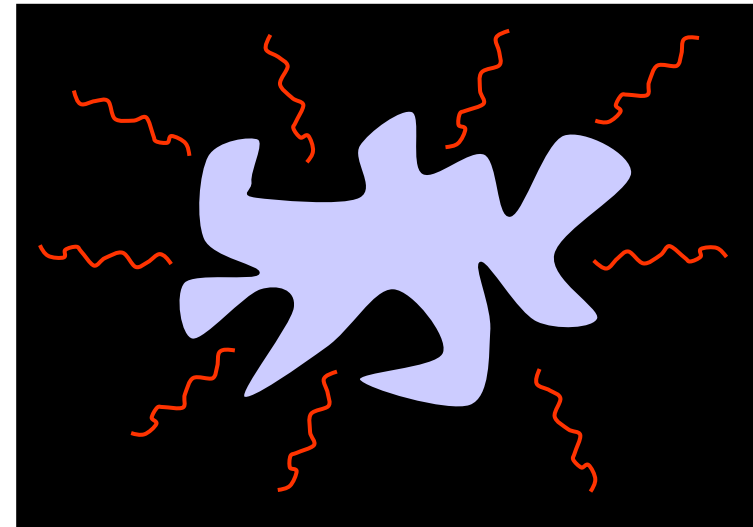
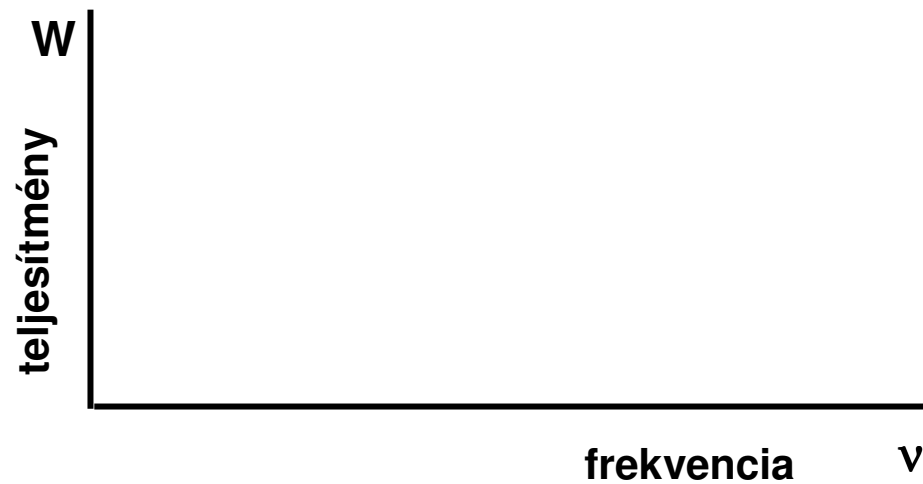
ennek mechanizmusa a **hősugárzás**



Az Univerzum mai állapotában egy magányos gázfelhő környezete általában a hideg világűr

ezért tipikusan energiát ad át környezetének

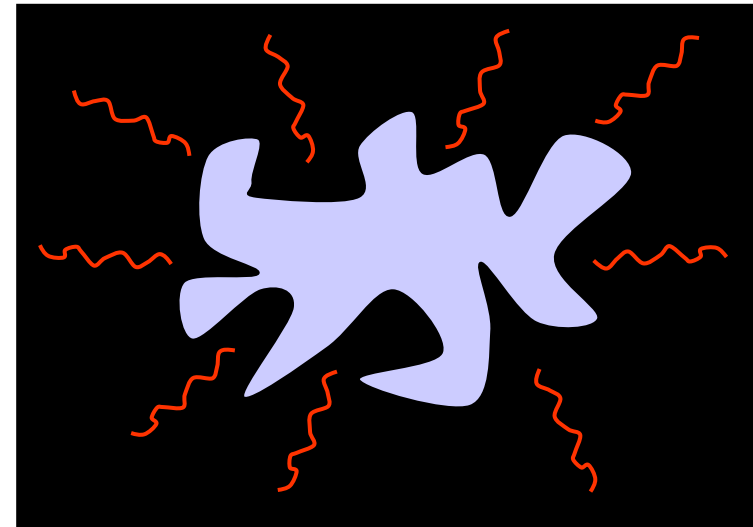
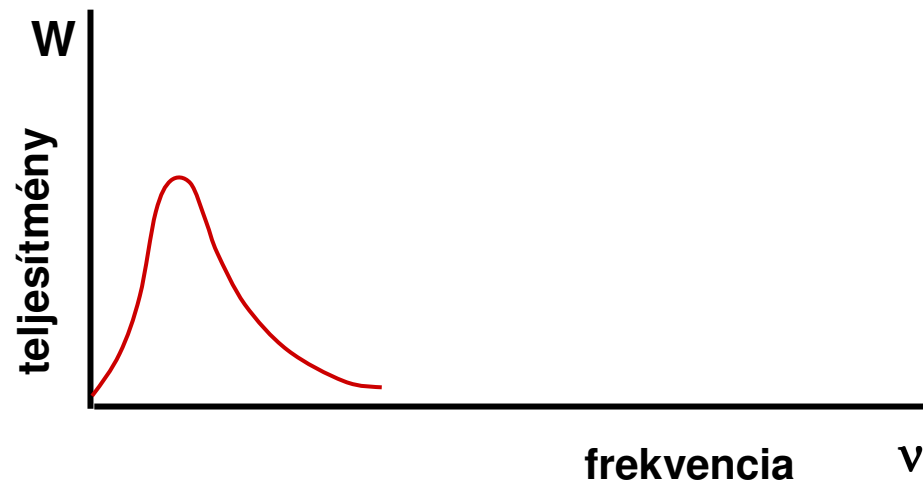
ennek mechanizmusa a **hősugárzás**



Az Univerzum mai állapotában egy magányos gázfelhő környezete általában a hideg világűr

ezért tipikusan energiát ad át környezetének

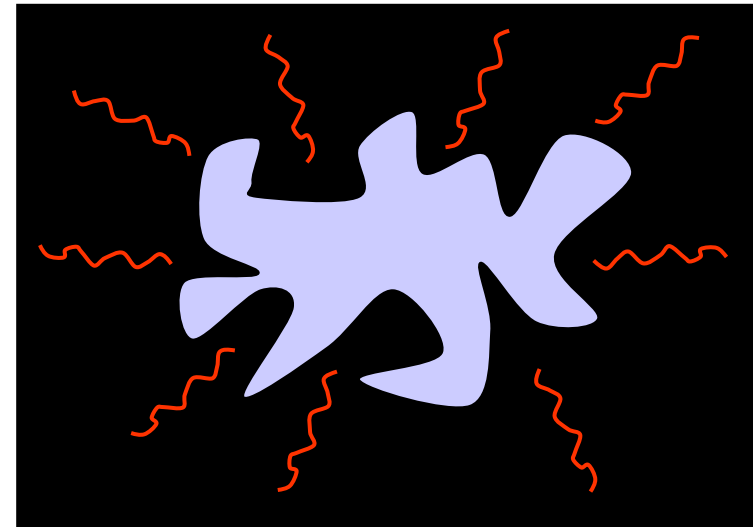
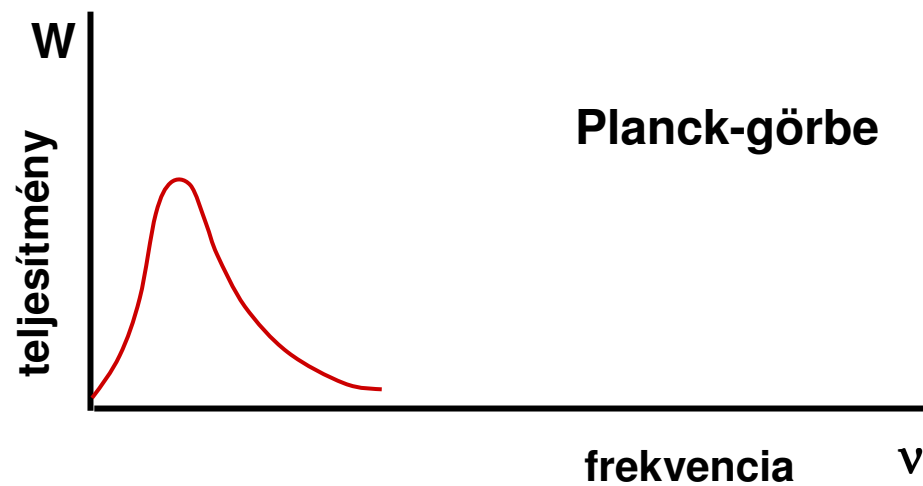
ennek mechanizmusa a **hősugárzás**



Az Univerzum mai állapotában egy magányos gázfelhő környezete általában a hideg világűr

ezért tipikusan energiát ad át környezetének

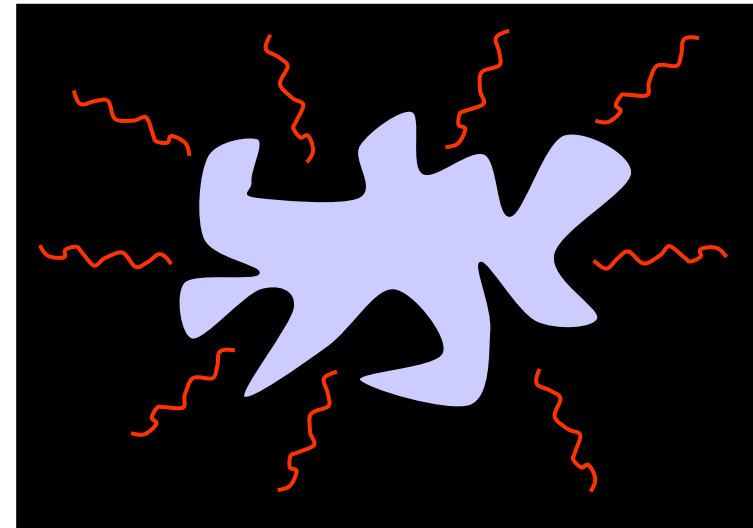
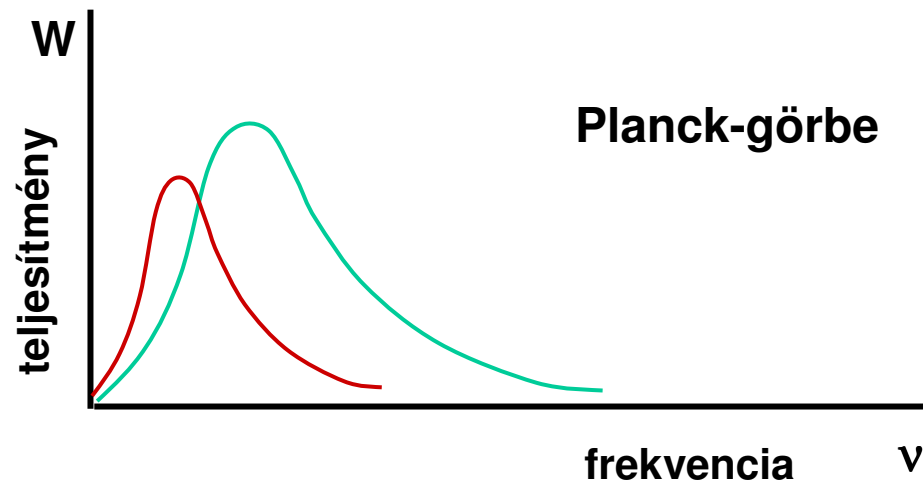
ennek mechanizmusa a **hősugárzás**



Az Univerzum mai állapotában egy magányos gázfelhő környezete általában a hideg világűr

ezért tipikusan energiát ad át környezetének

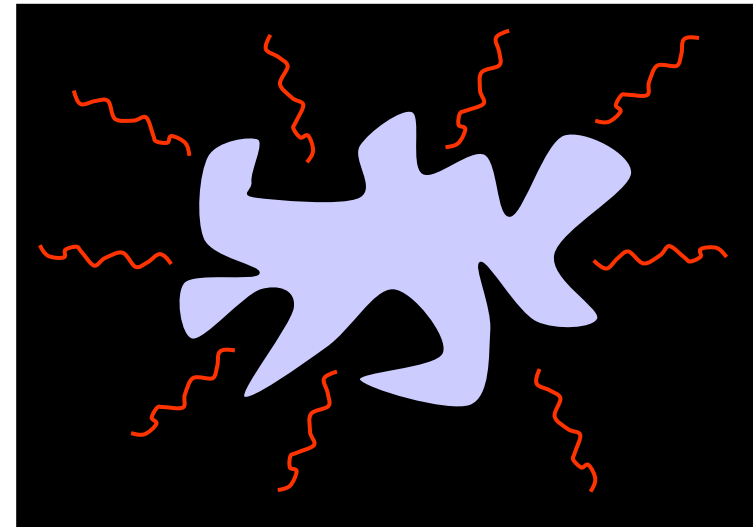
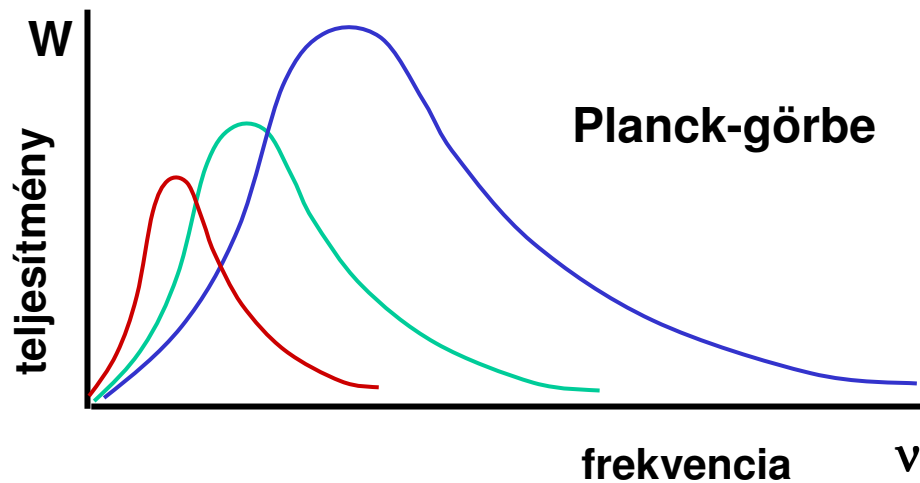
ennek mechanizmusa a **hősugárzás**



Az Univerzum mai állapotában egy magányos gázfelhő környezete általában a hideg világűr

ezért tipikusan energiát ad át környezetének

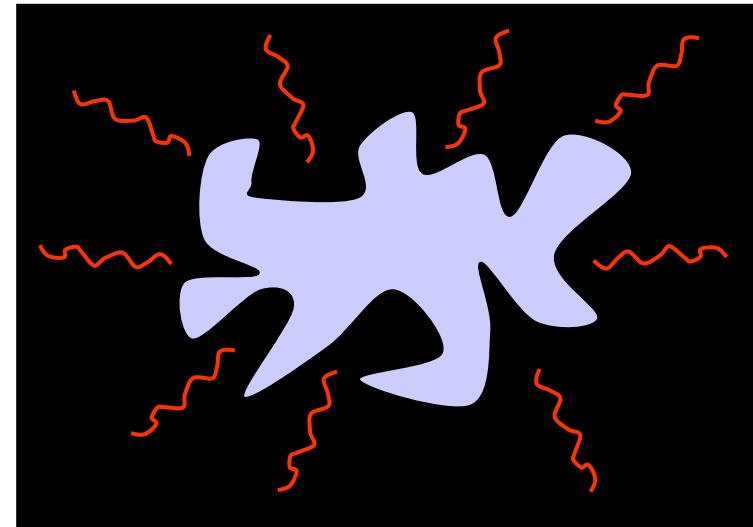
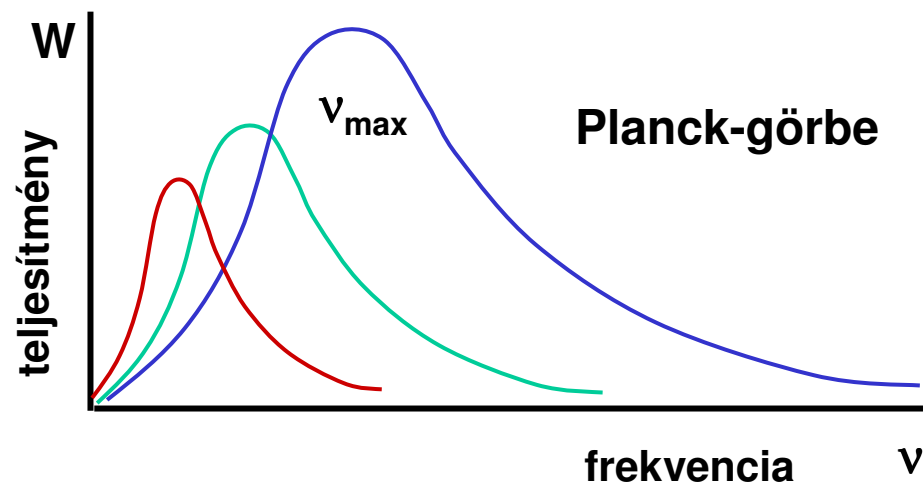
ennek mechanizmusa a **hősugárzás**



Az Univerzum mai állapotában egy magányos gázfelhő környezete általában a hideg világűr

ezért tipikusan energiát ad át környezetének

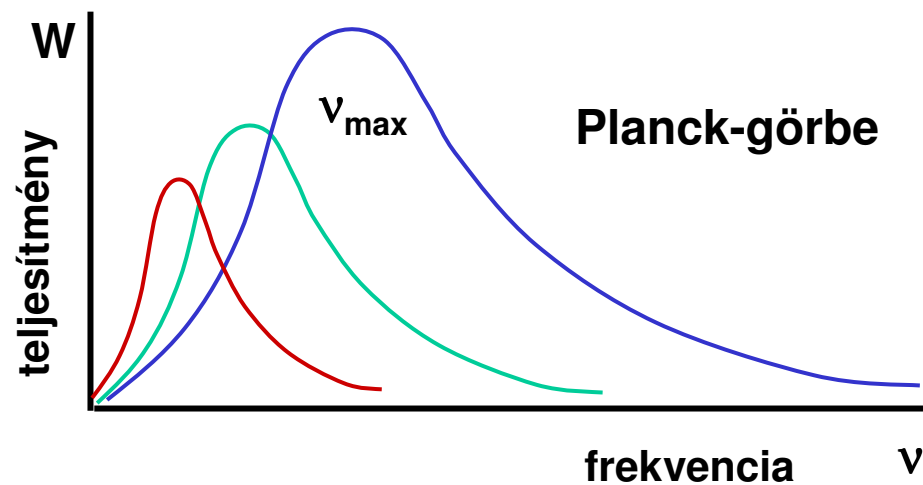
ennek mechanizmusa a **hősugárzás**



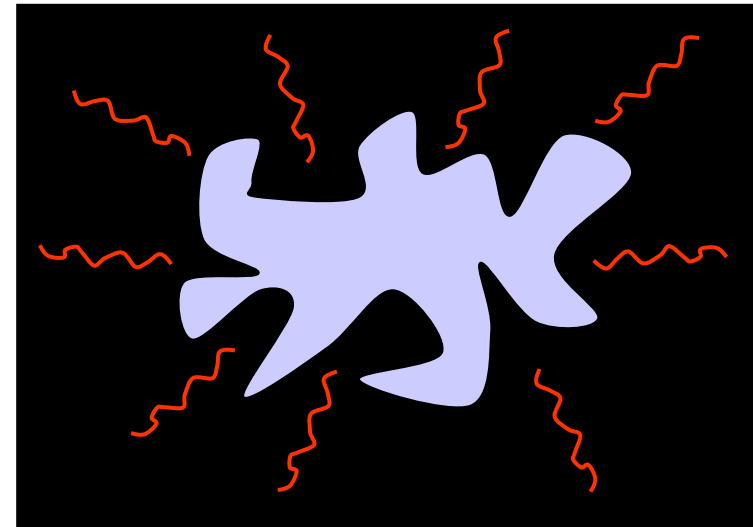
Az Univerzum mai állapotában egy magányos gázfelhő környezete általában a hideg világűr

ezért tipikusan energiát ad át környezetének

ennek mechanizmusa a **hősugárzás**



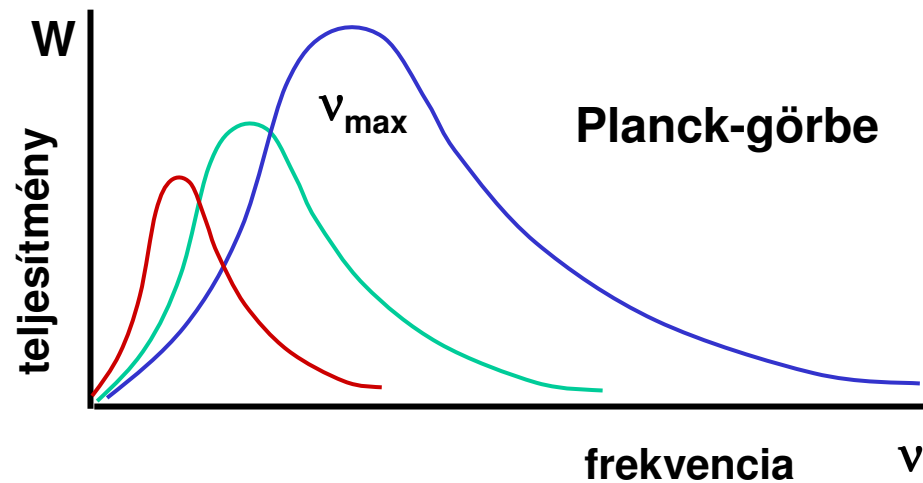
Wien-törvény:



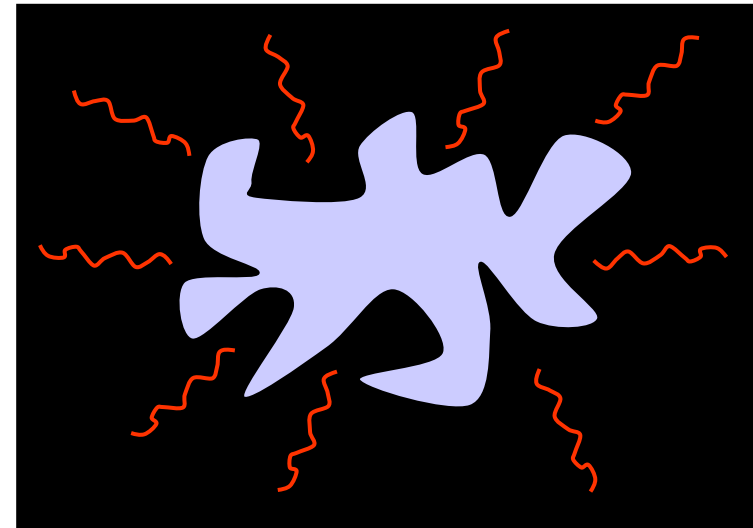
Az Univerzum mai állapotában egy magányos gázfelhő környezete általában a hideg világűr

ezért tipikusan energiát ad át környezetének

ennek mechanizmusa a **hősugárzás**



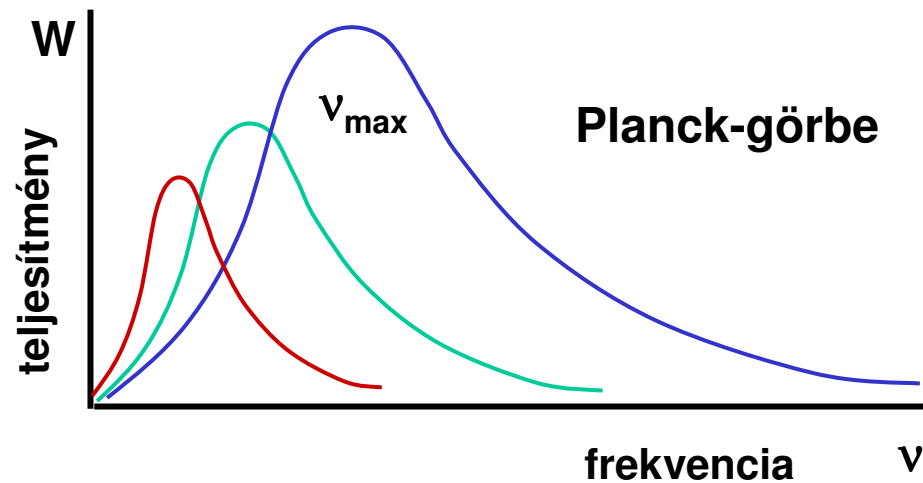
Wien-törvény: $\nu_{\max} \sim T$



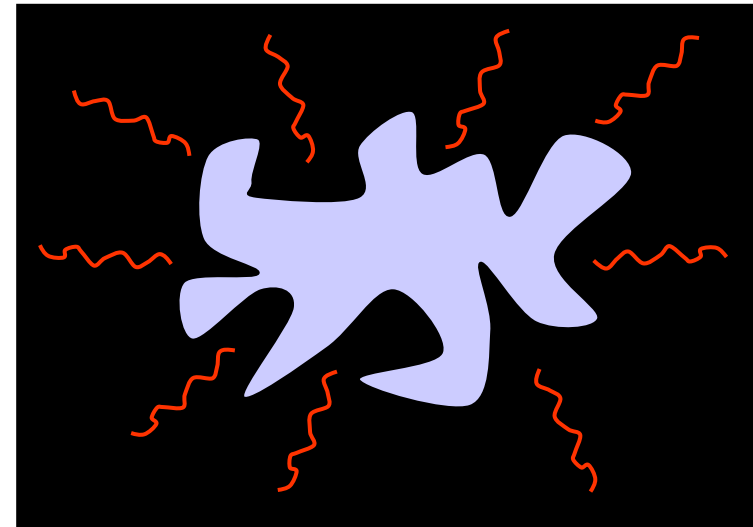
Az Univerzum mai állapotában egy magányos gázfelhő környezete általában a hideg világűr

ezért tipikusan energiát ad át környezetének

ennek mechanizmusa a **hősugárzás**



Wien-törvény: $\nu_{\max} \sim T$



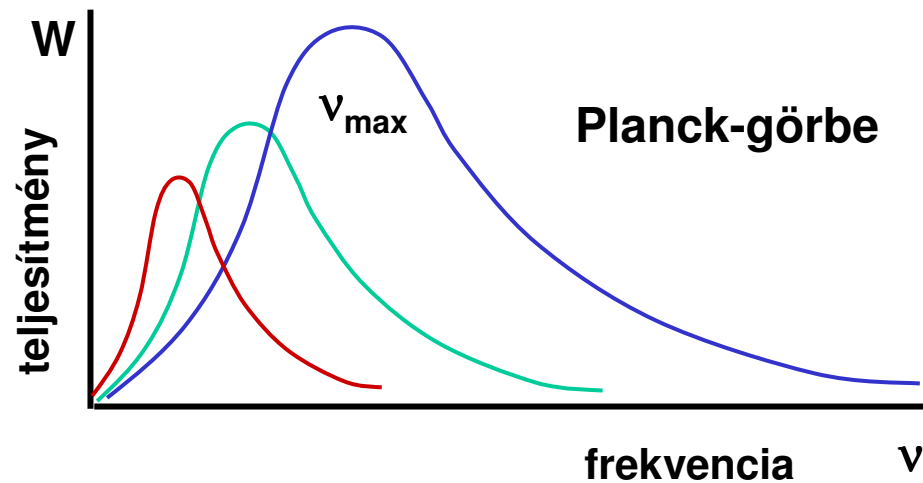
a teljes kisugárzott teljesítmény arányos a felszínnel és T^4 -nel:



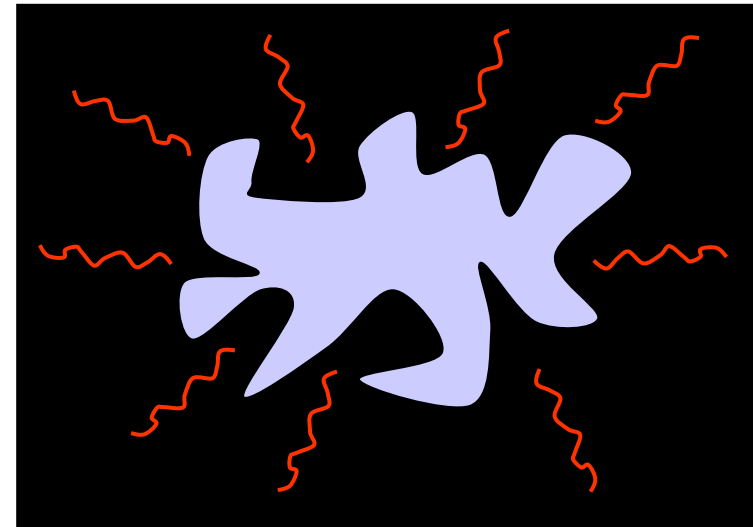
Az Univerzum mai állapotában egy magányos gázfelhő környezete általában a hideg világűr

ezért tipikusan energiát ad át környezetének

ennek mechanizmusa a **hősugárzás**



Wien-törvény: $\nu_{\max} \sim T$



a teljes kisugárzott teljesítmény arányos a felszínnel és T^4 -nel:

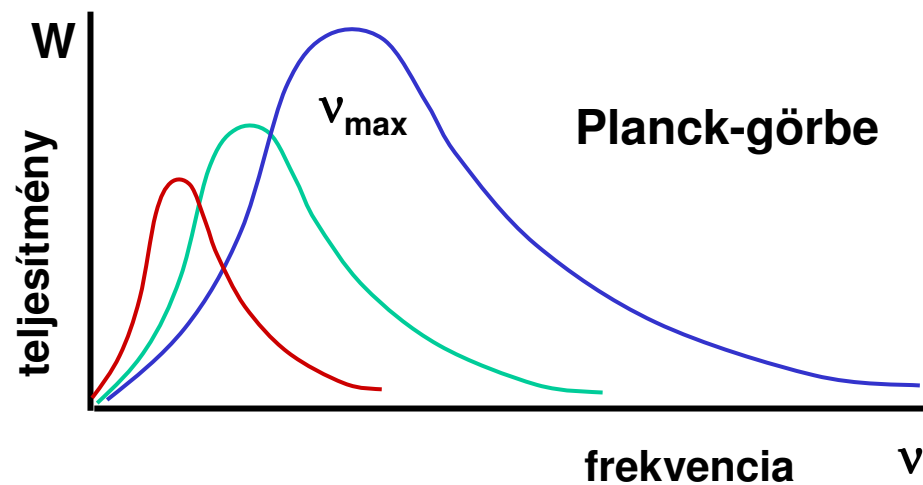
Stefan-Boltzmann-törvény:



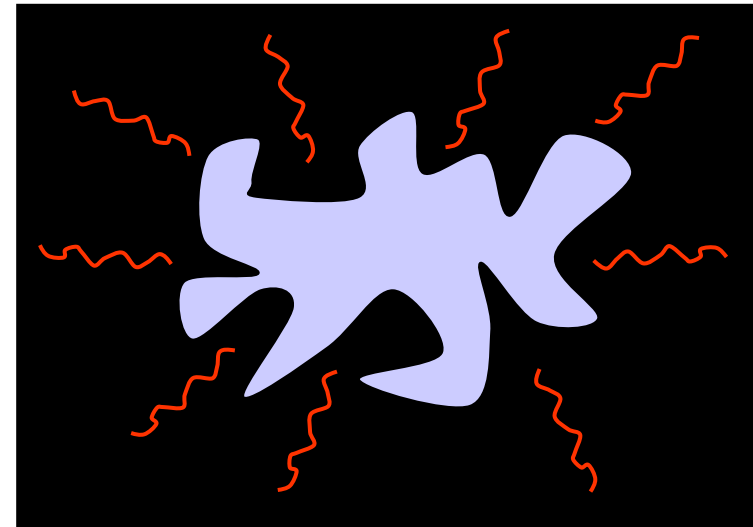
Az Univerzum mai állapotában egy magányos gázfelhő környezete általában a hideg világűr

ezért tipikusan energiát ad át környezetének

ennek mechanizmusa a **hősugárzás**



Wien-törvény: $\nu_{\max} \sim T$



a teljes kisugárzott teljesítmény arányos a felszínnel és T^4 -nel:

Stefan-Boltzmann-törvény:

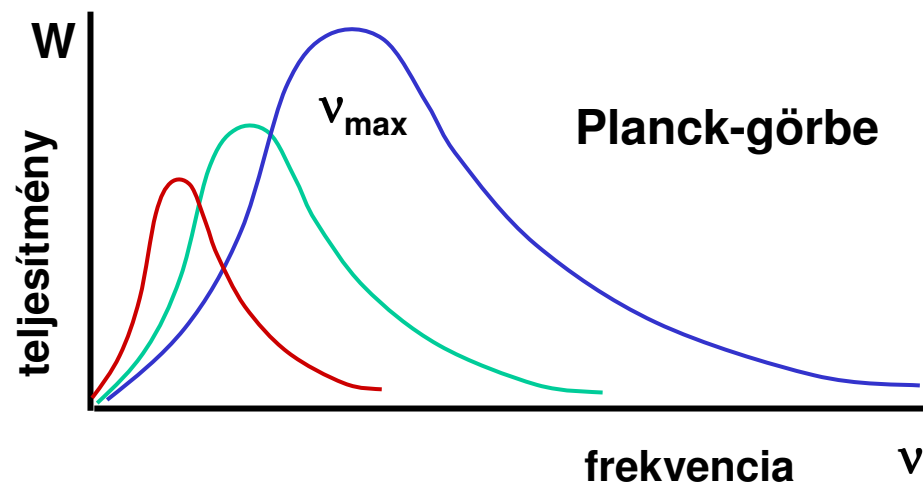
$$W \sim R^2 T^4$$



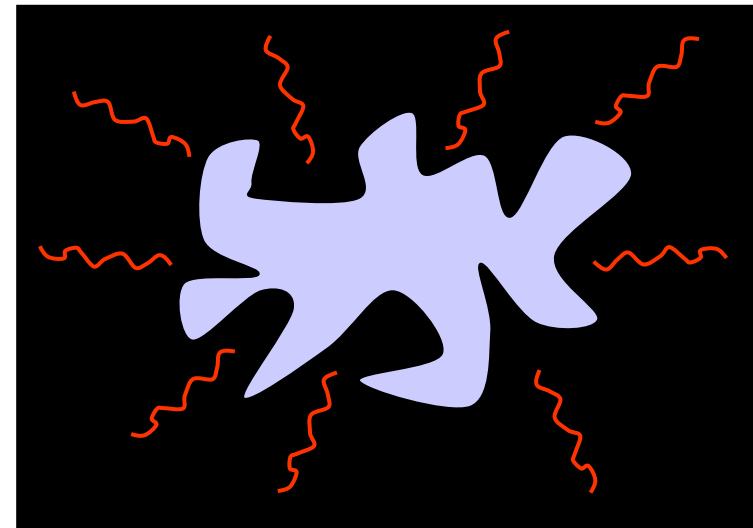
Az Univerzum mai állapotában egy magányos gázfelhő környezete általában a hideg világűr

ezért tipikusan energiát ad át környezetének

ennek mechanizmusa a **hősugárzás**



Wien-törvény: $\nu_{\max} \sim T$



a teljes kisugárzott teljesítmény arányos a felszínnel és T^4 -nel:

Stefan-Boltzmann-törvény:

$$W \sim R^2 T^4$$

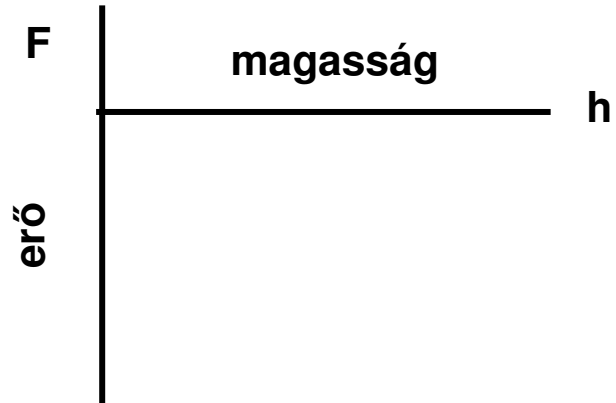
Egy sűrű, fényes csillaghalmaz közepén a felhő energiát vehet fel a környezetétől!



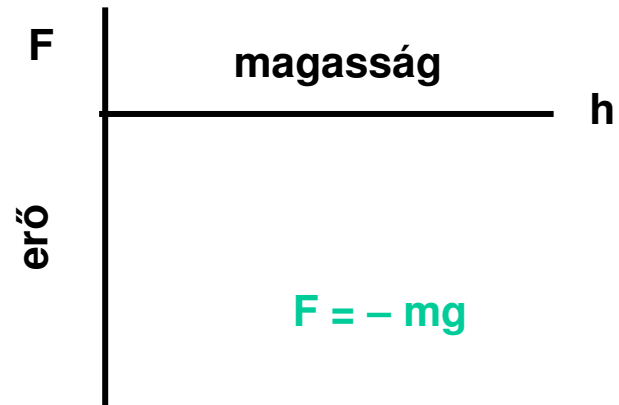
Gravitációs erő és potenciál



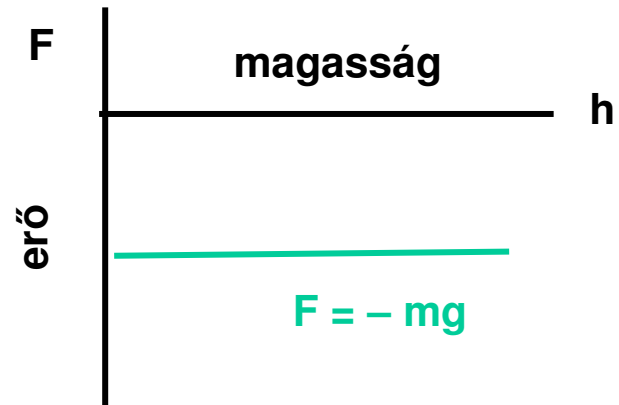
Gravitációs erő és potenciál



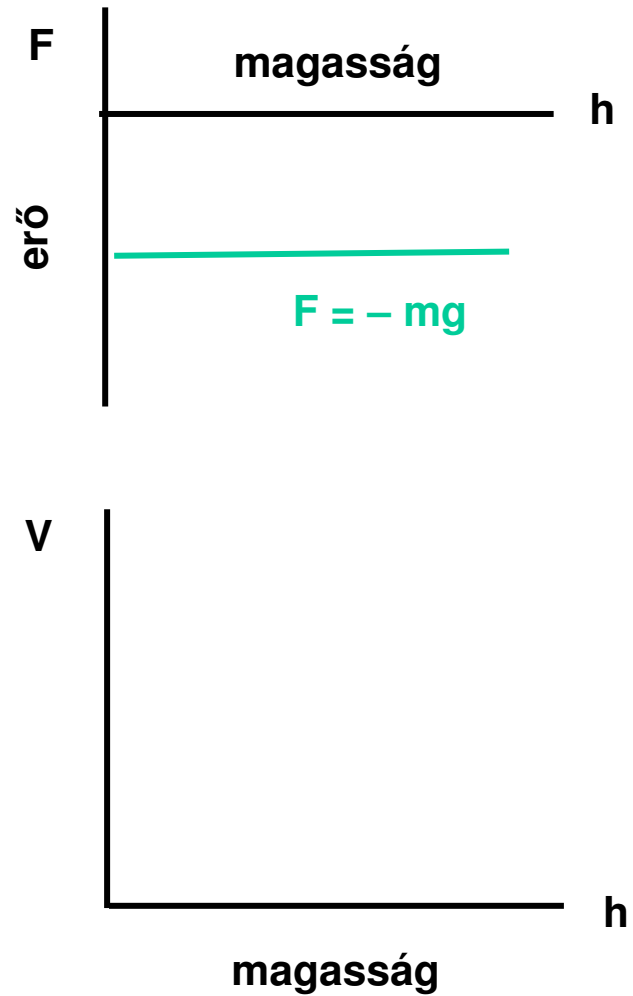
Gravitációs erő és potenciál



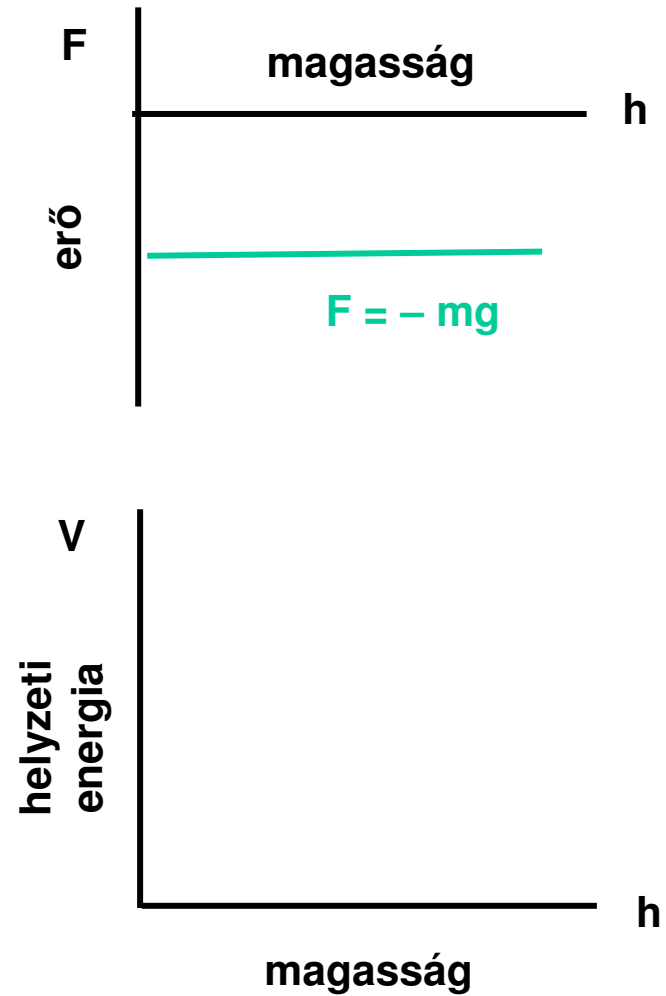
Gravitációs erő és potenciál



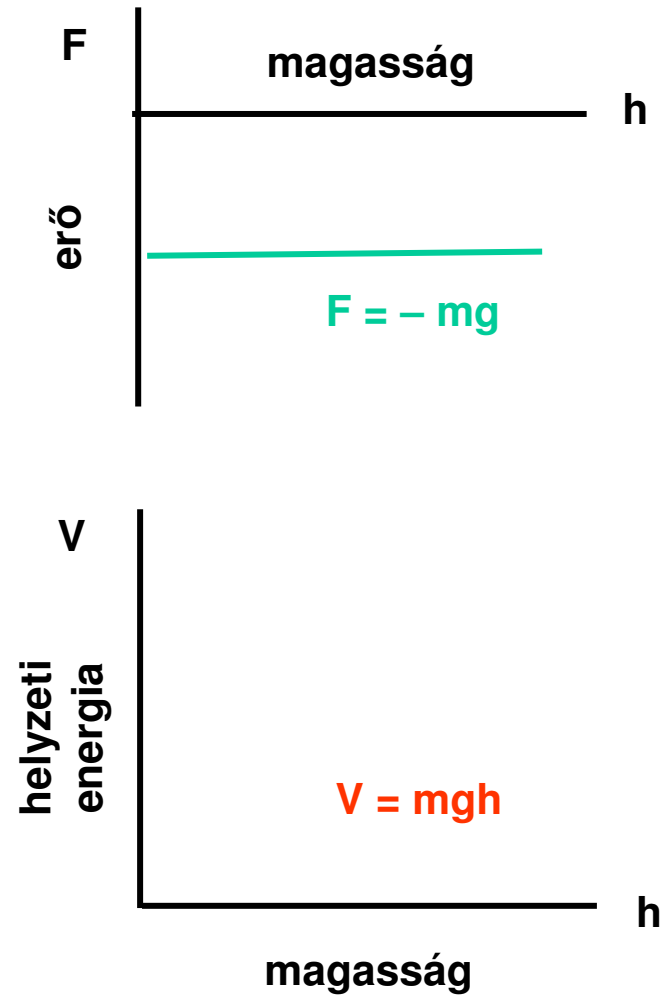
Gravitációs erő és potenciál



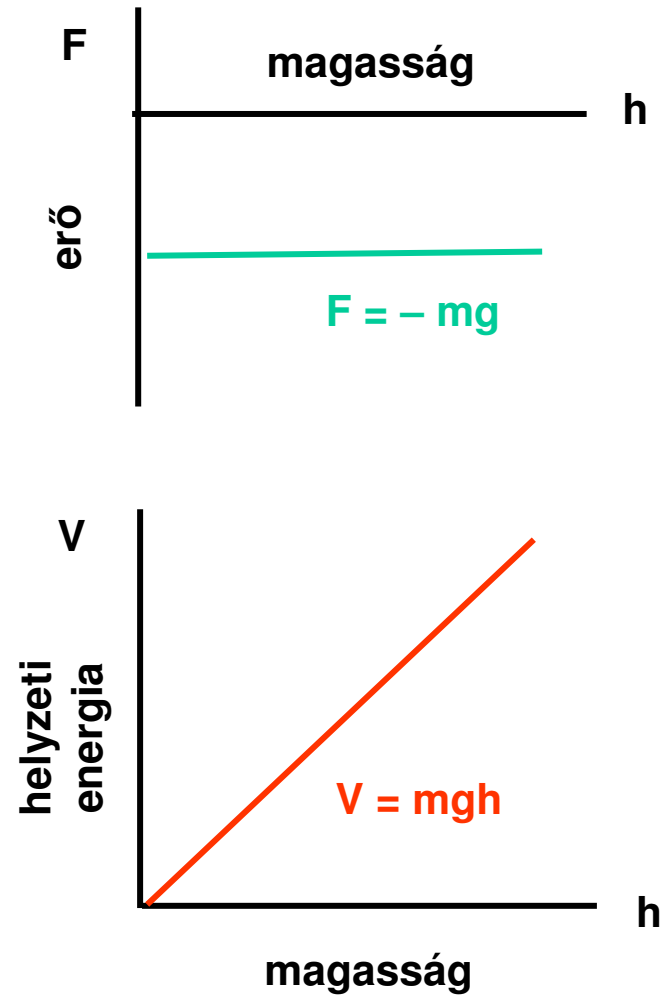
Gravitációs erő és potenciál



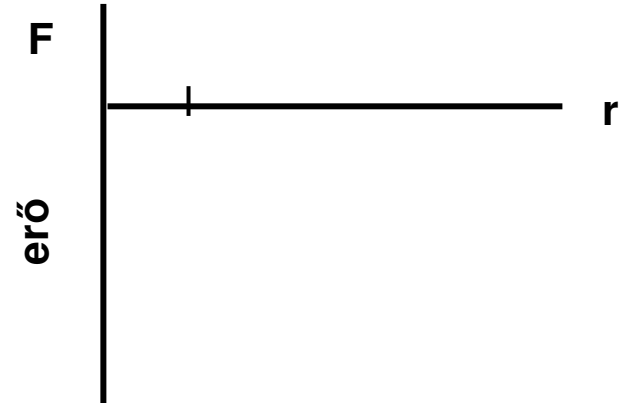
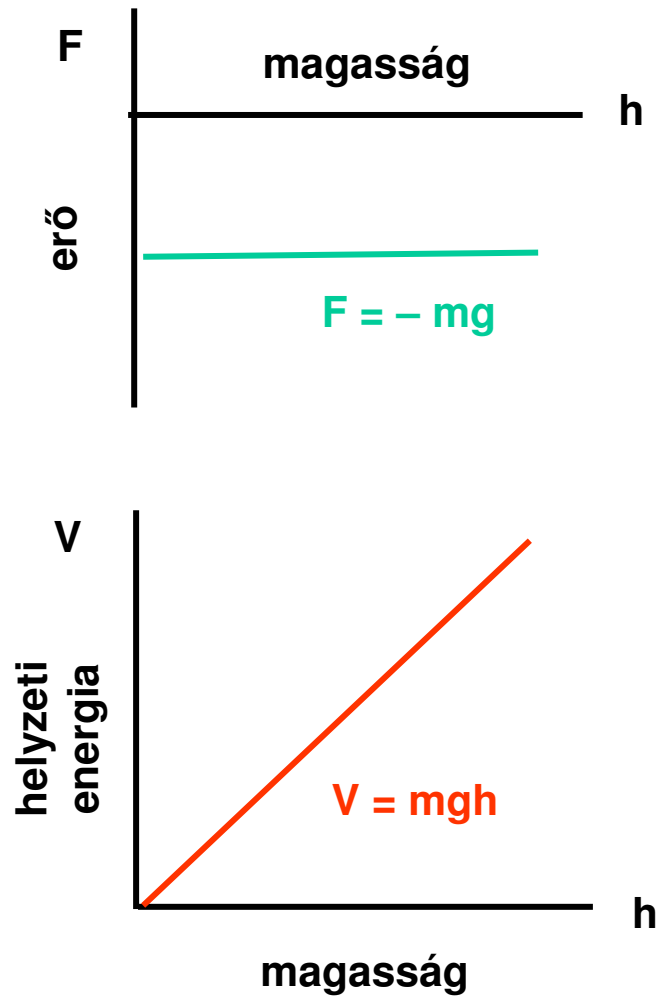
Gravitációs erő és potenciál



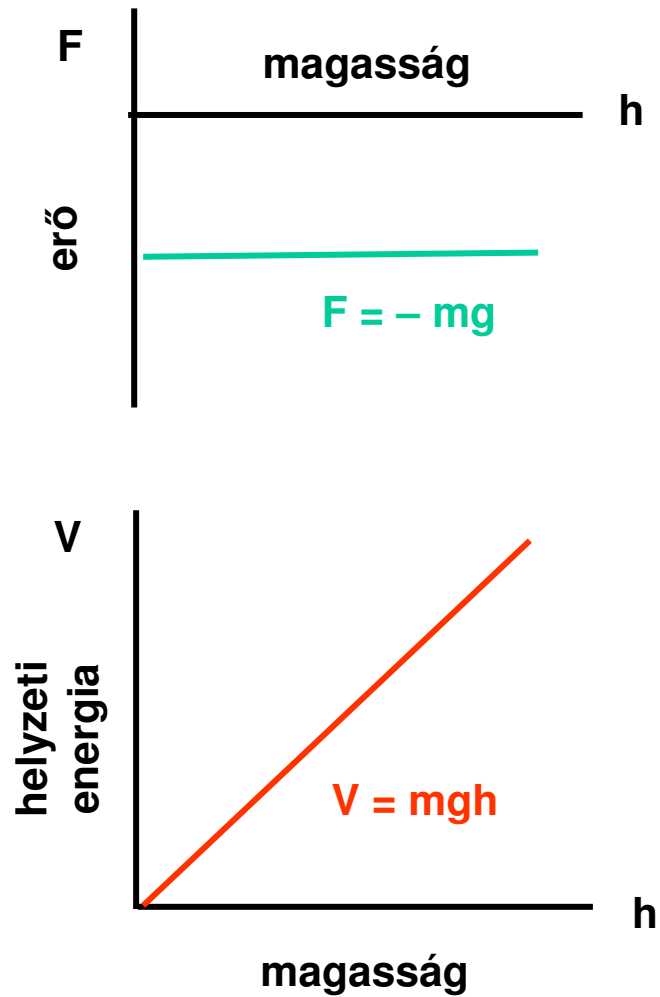
Gravitációs erő és potenciál



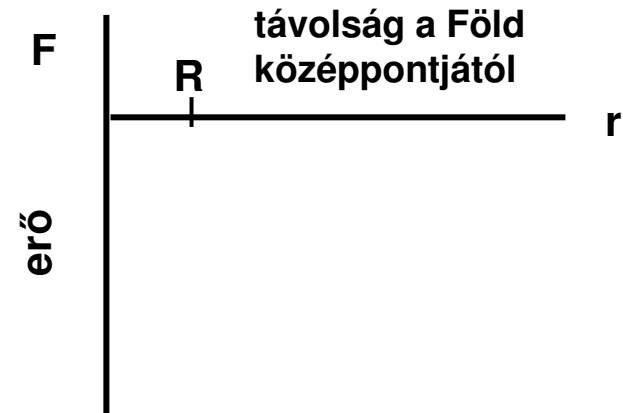
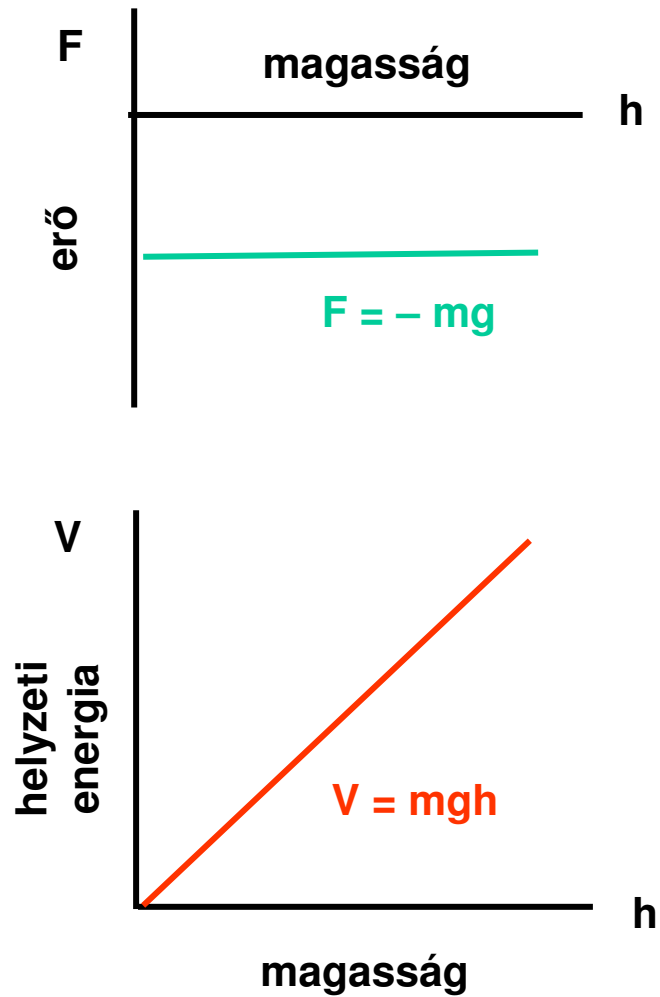
Gravitációs erő és potenciál



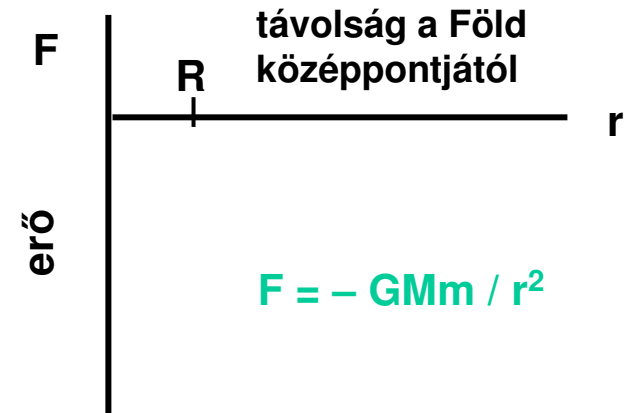
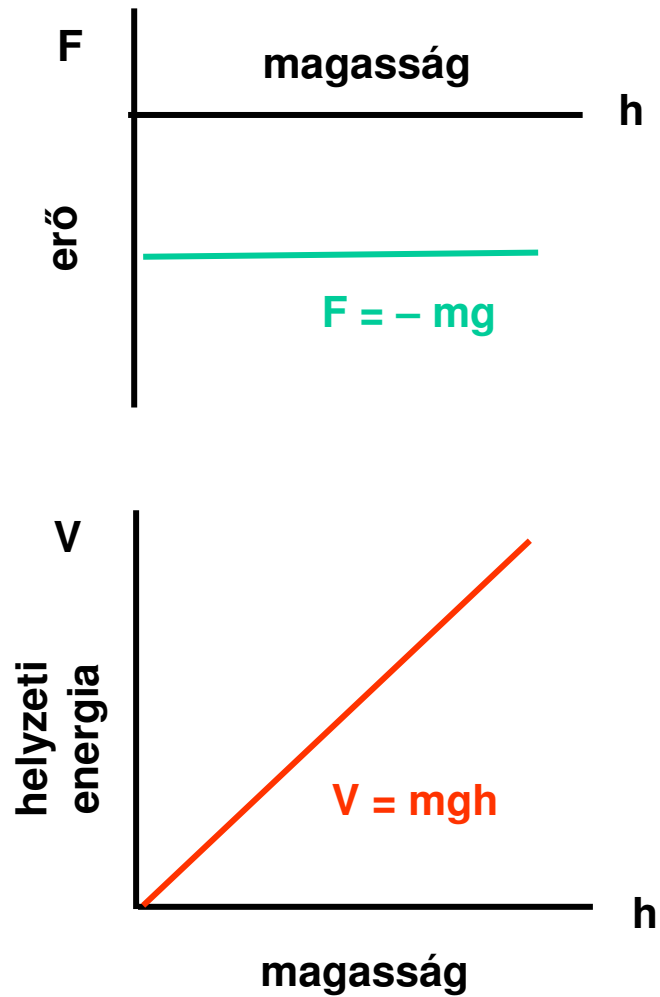
Gravitációs erő és potenciál



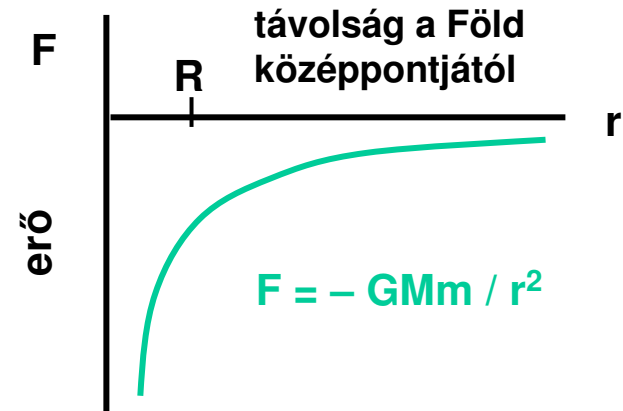
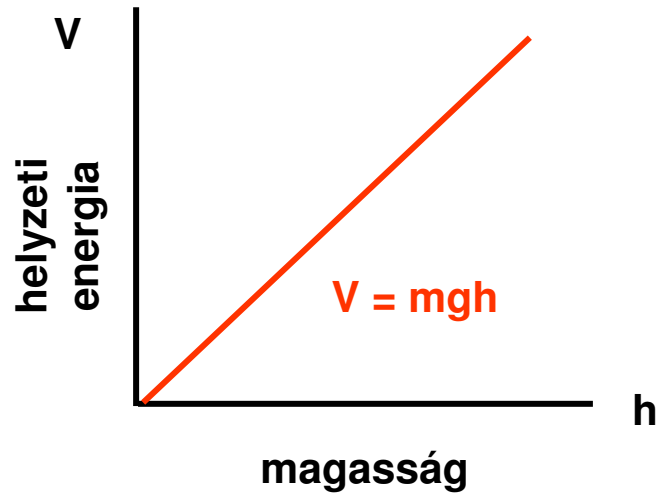
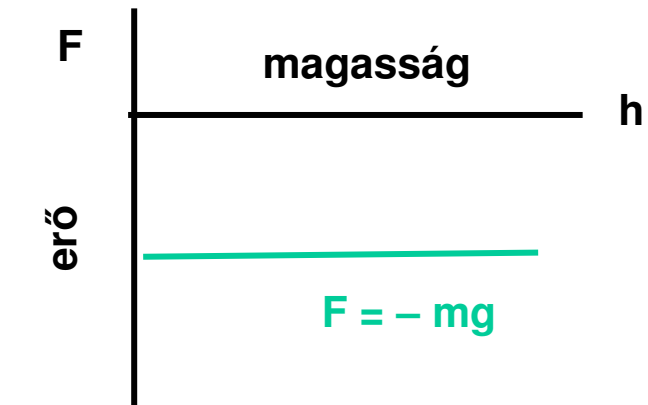
Gravitációs erő és potenciál



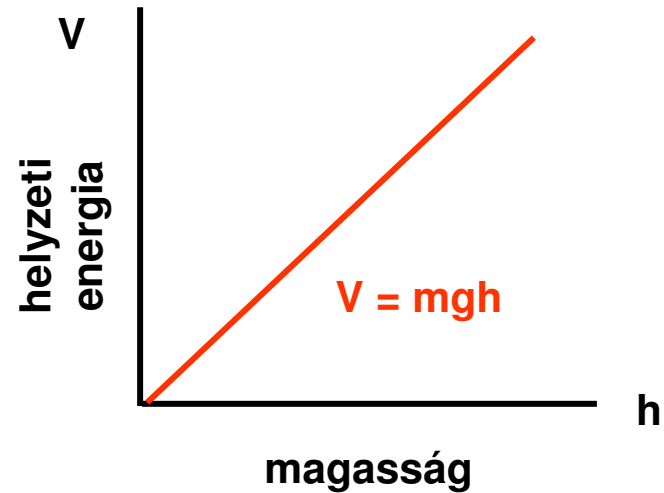
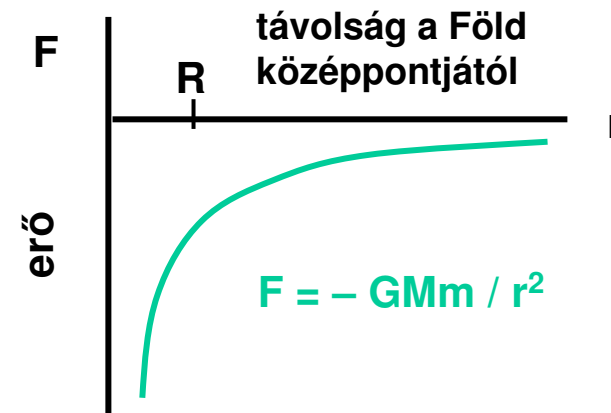
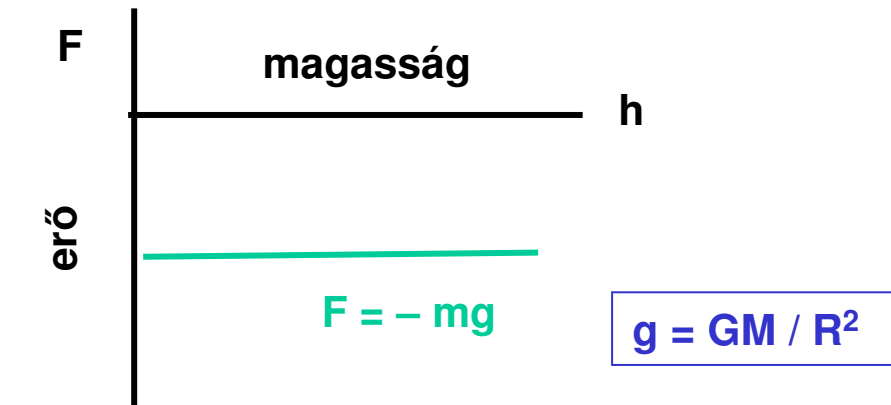
Gravitációs erő és potenciál



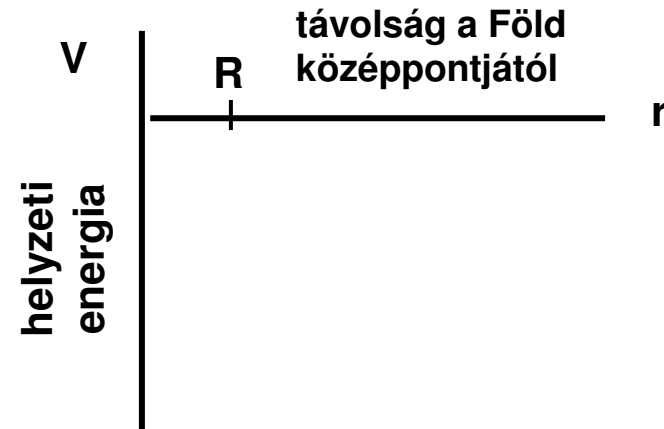
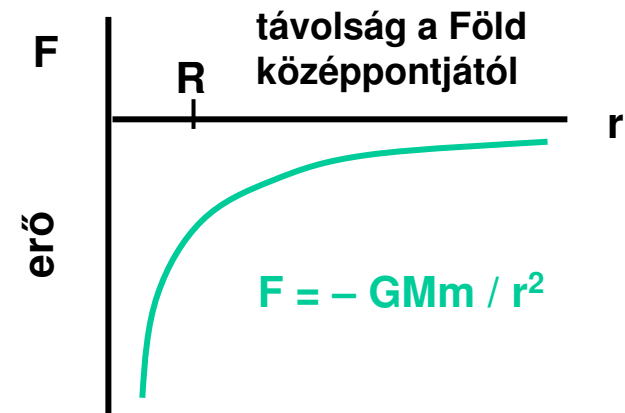
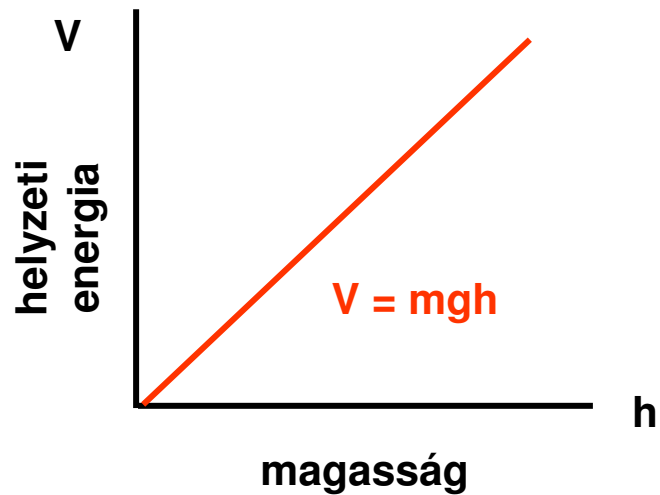
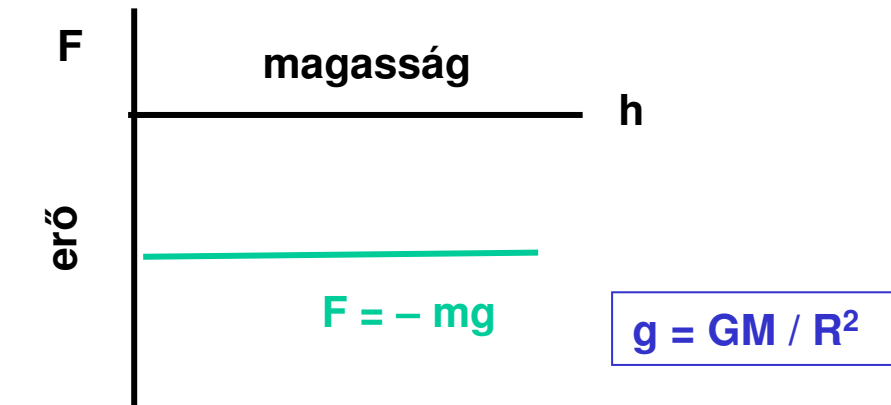
Gravitációs erő és potenciál



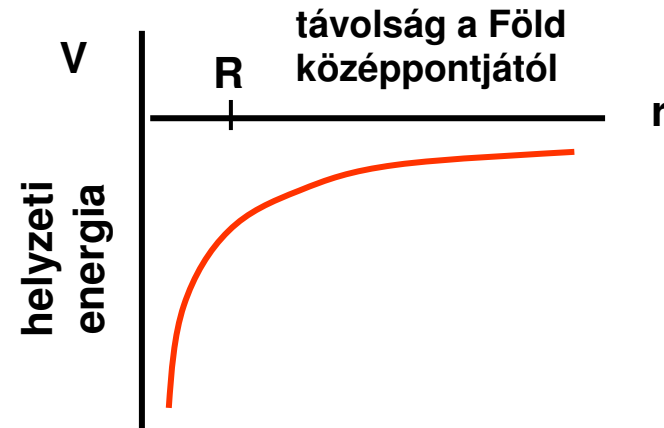
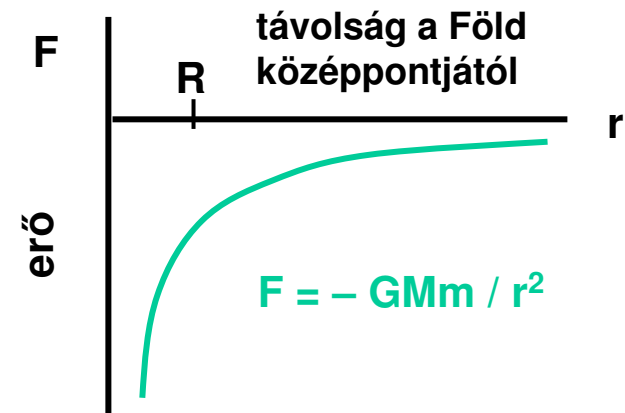
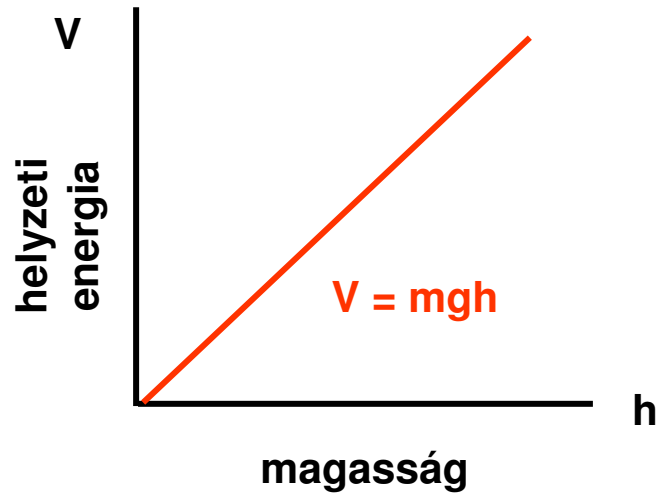
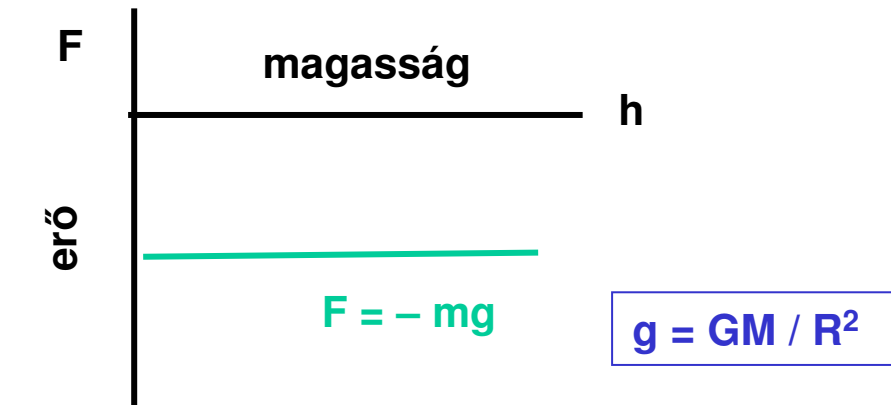
Gravitációs erő és potenciál



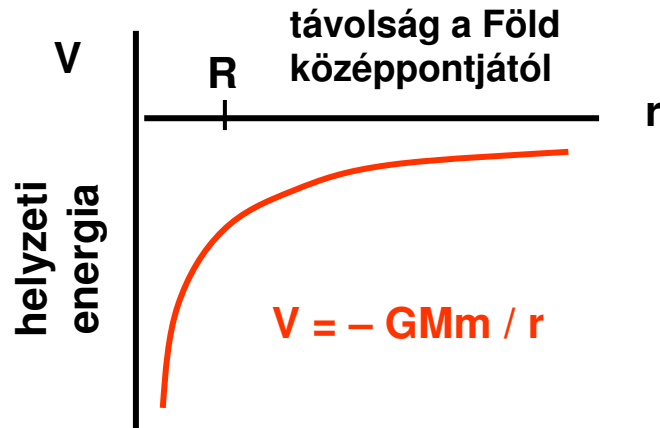
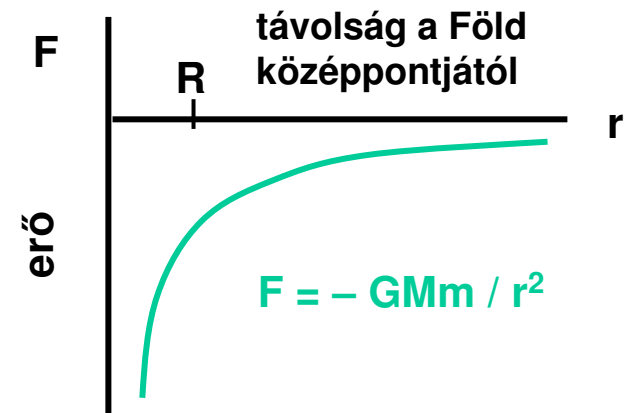
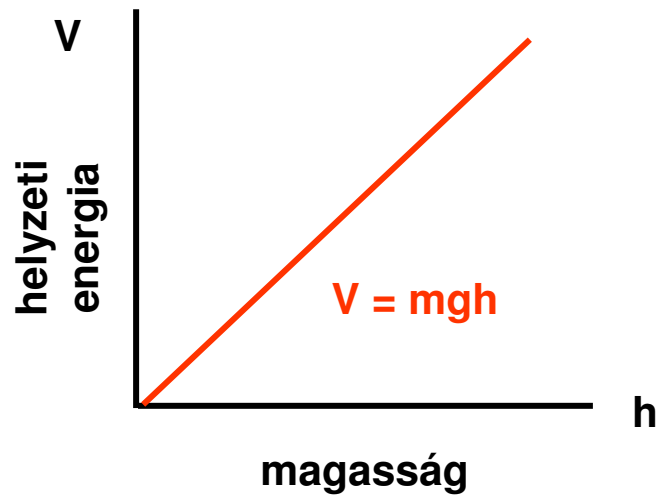
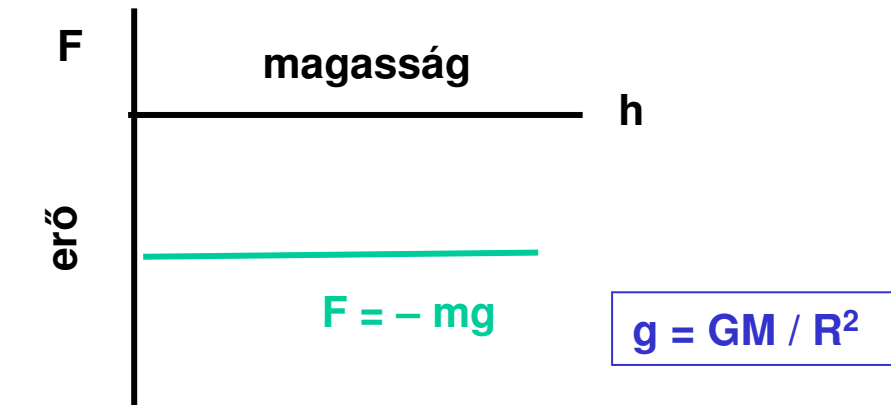
Gravitációs erő és potenciál



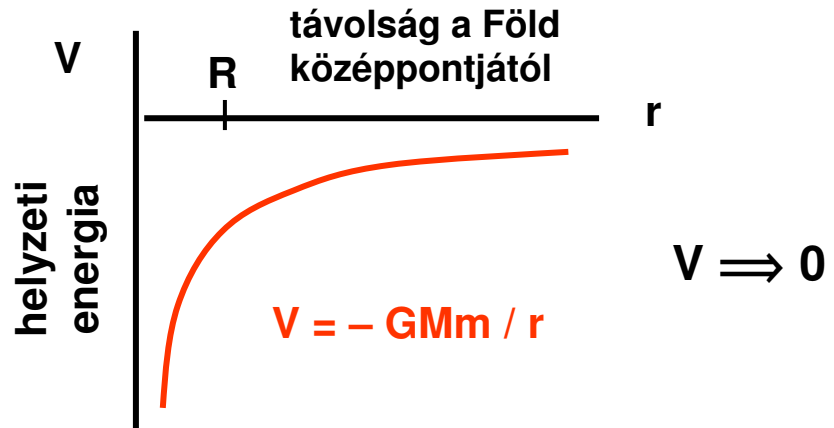
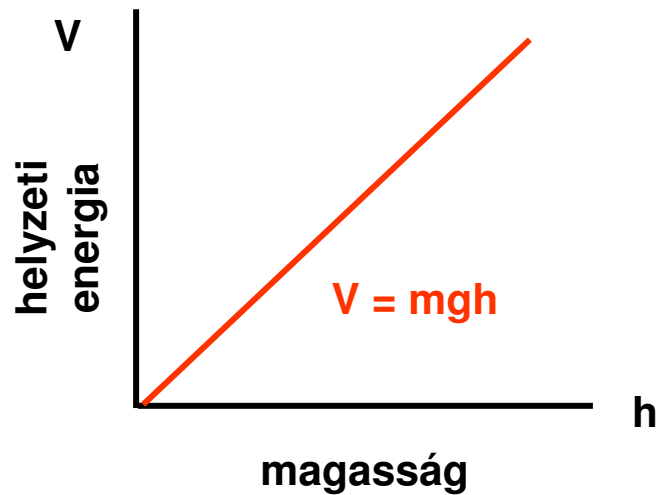
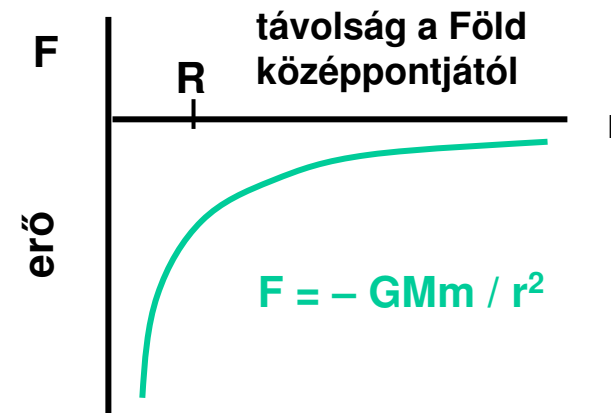
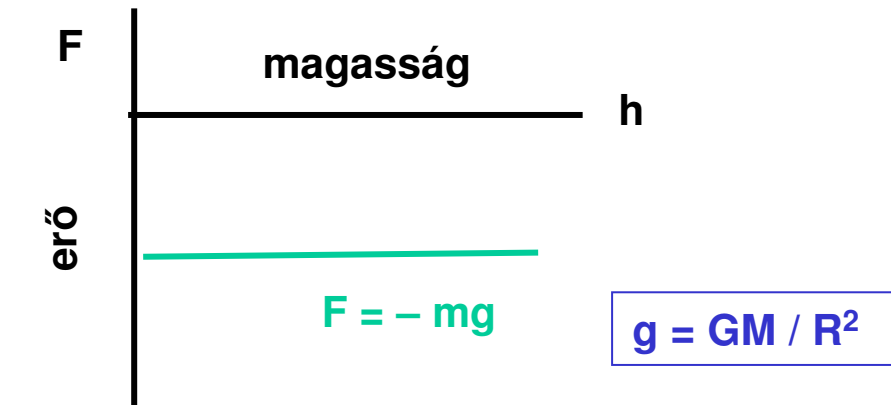
Gravitációs erő és potenciál



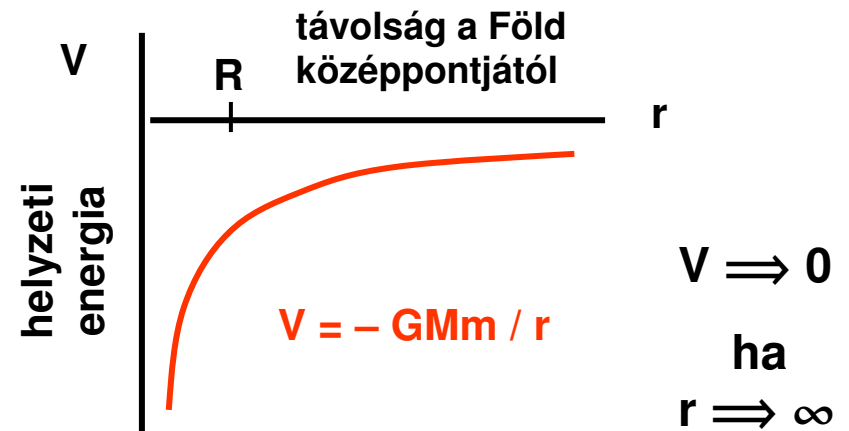
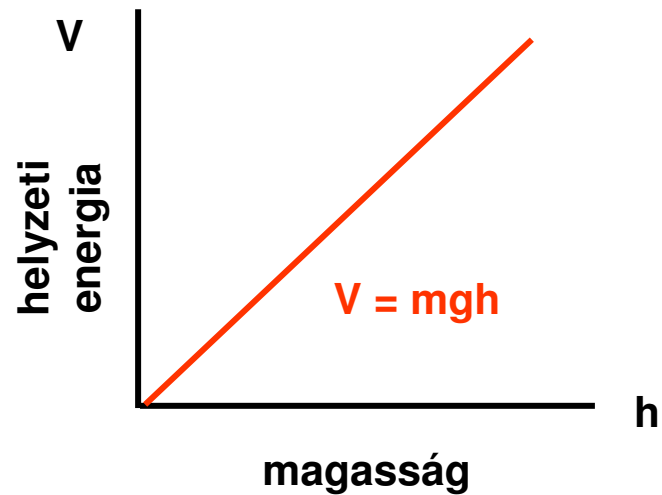
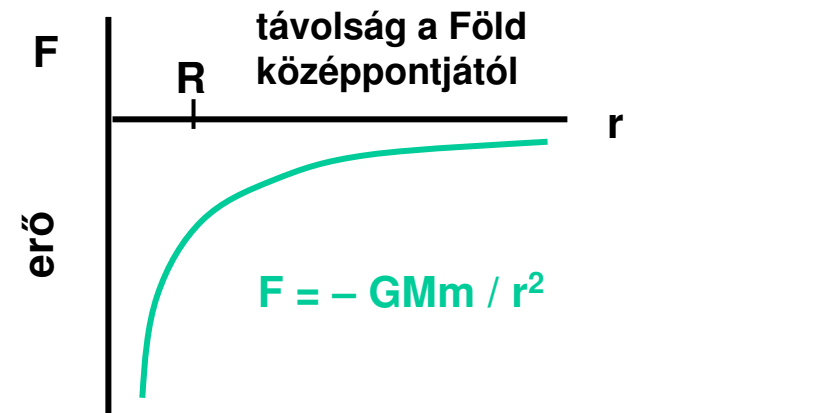
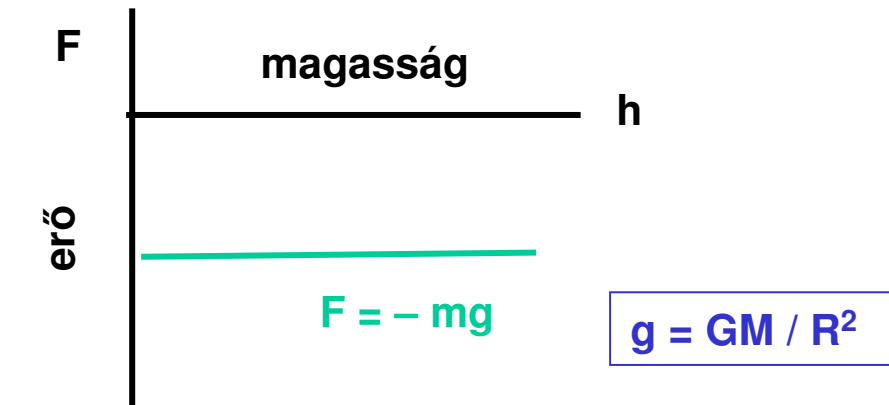
Gravitációs erő és potenciál



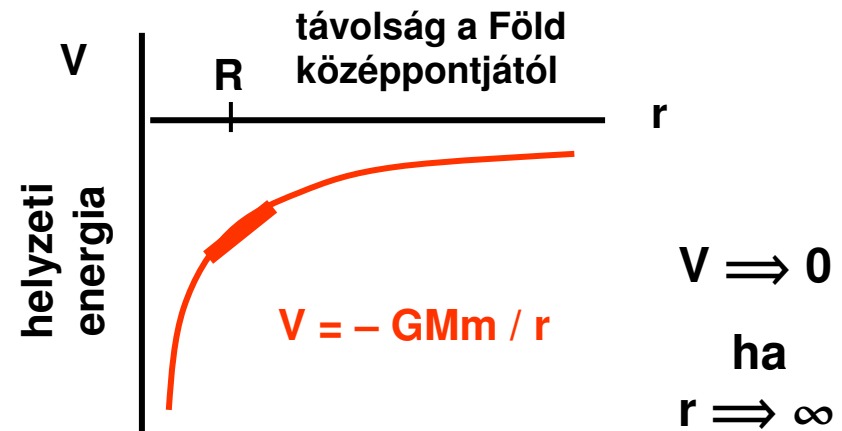
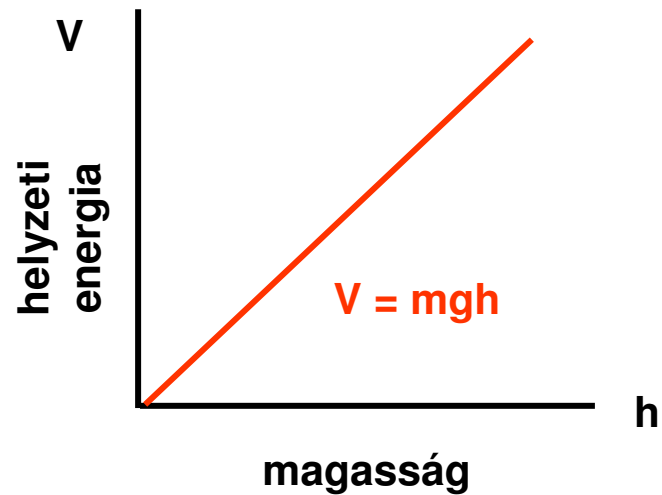
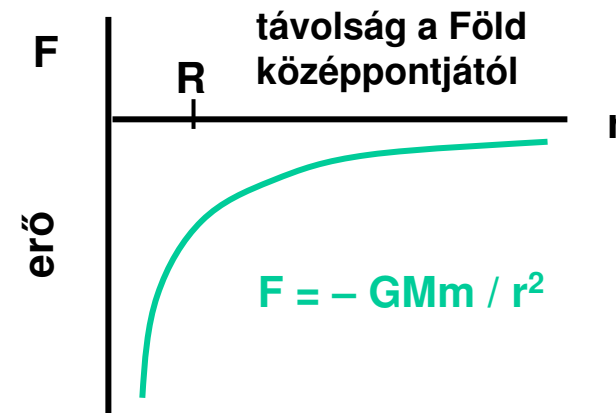
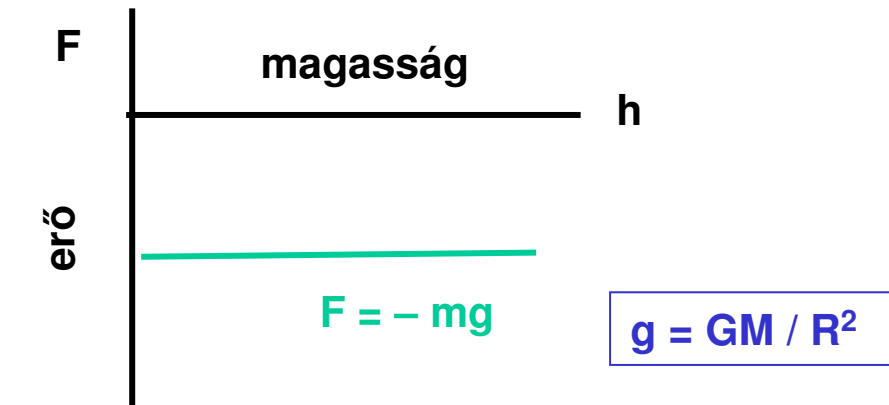
Gravitációs erő és potenciál



Gravitációs erő és potenciál



Gravitációs erő és potenciál



Gravitációsan kötött rendszer energetikai viszonyai



Gravitációsan kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:



Gravitációsan kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:
a tagok tartósan együtt maradnak



Gravitációsan kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:

a tagok tartósan együtt maradnak, nem távoznak a végtelenbe



Gravitációsan kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:

a tagok tartósan együtt maradnak, nem távoznak a végtelenbe
(pl: Naprendszer, gázfelhő)



Gravitációsan kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:

a tagok tartósan együtt maradnak, nem távoznak a végtelenbe
(pl: Naprendszer, gázfelhő)

a legegyszerűbb gázfelhő:



Gravitációsan kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:

a tagok tartósan együtt maradnak, nem távoznak a végtelenbe
(pl: Naprendszer, gázfelhő)

a legegyszerűbb gázfelhő:

két gravitációsan összetartott részecske



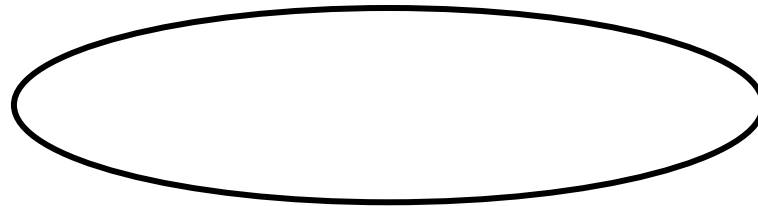
Gravitációsan kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:

a tagok tartósan együtt maradnak, nem távoznak a végtelenbe
(pl: Naprendszer, gázfelhő)

a legegyszerűbb gázfelhő:

két gravitációsan összetartott részecske



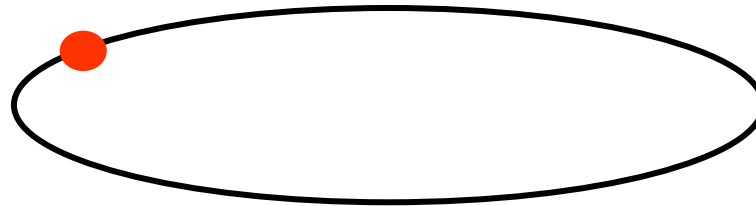
Gravitációsan kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:

a tagok tartósan együtt maradnak, nem távoznak a végtelenbe
(pl: Naprendszer, gázfelhő)

a legegyszerűbb gázfelhő:

két gravitációsan összetartott részecske



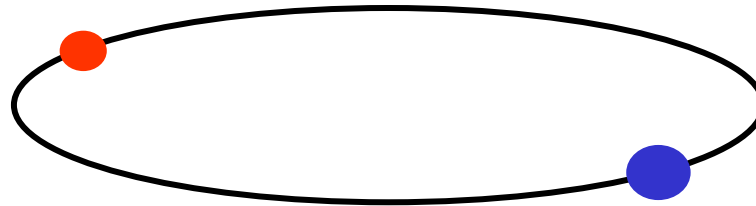
Gravitációsán kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:

a tagok tartósan együtt maradnak, nem távoznak a végtelenbe
(pl: Naprendszer, gázfelhő)

a legegyszerűbb gázfelhő:

két gravitációsán összetartott részecske



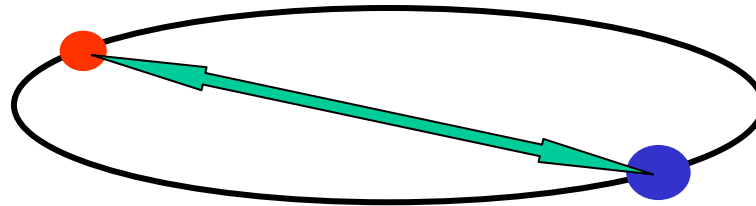
Gravitációsan kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:

a tagok tartósan együtt maradnak, nem távoznak a végtelenbe
(pl: Naprendszer, gázfelhő)

a legegyszerűbb gázfelhő:

két gravitációsan összetartott részecske



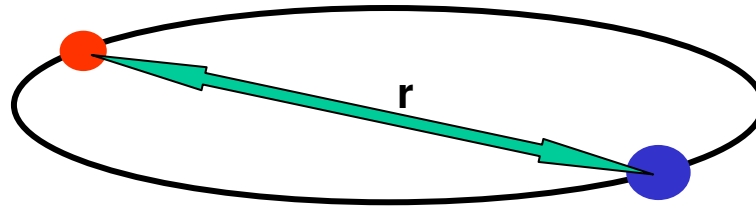
Gravitációsan kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:

a tagok tartósan együtt maradnak, nem távoznak a végtelenbe
(pl: Naprendszer, gázfelhő)

a legegyszerűbb gázfelhő:

két gravitációsan összetartott részecske



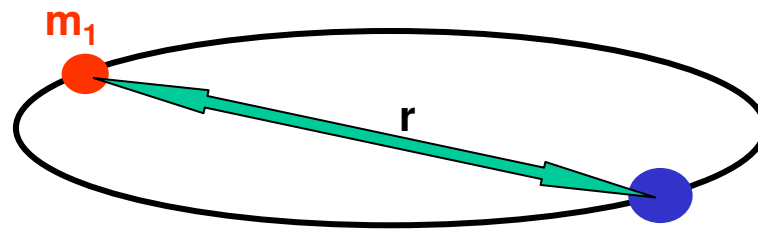
Gravitációsan kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:

a tagok tartósan együtt maradnak, nem távoznak a végtelenbe
(pl: Naprendszer, gázfelhő)

a legegyszerűbb gázfelhő:

két gravitációsan összetartott részecske



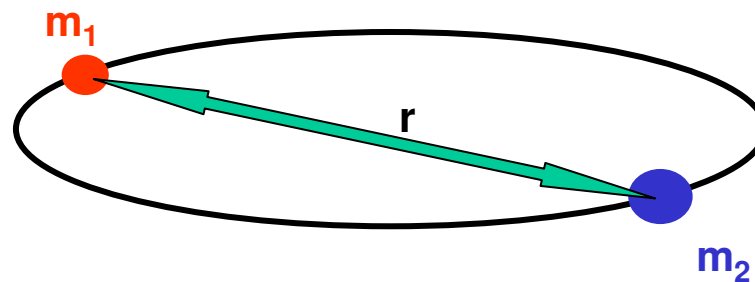
Gravitációsán kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:

a tagok tartósan együtt maradnak, nem távoznak a végtelenbe
(pl: Naprendszer, gázfelhő)

a legegyszerűbb gázfelhő:

két gravitációsán összetartott részecske



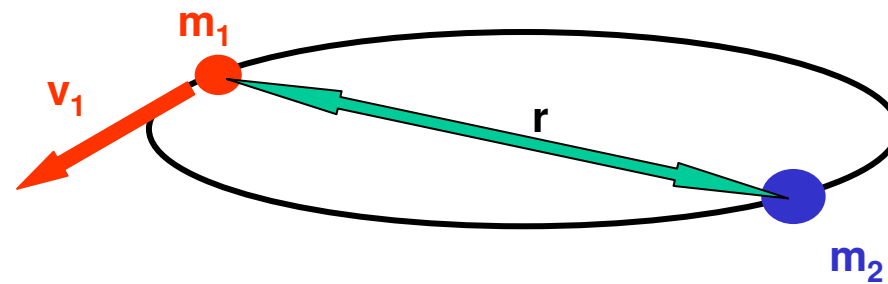
Gravitációsan kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:

a tagok tartósan együtt maradnak, nem távoznak a végtelenbe
(pl: Naprendszer, gázfelhő)

a legegyszerűbb gázfelhő:

két gravitációsan összetartott részecske



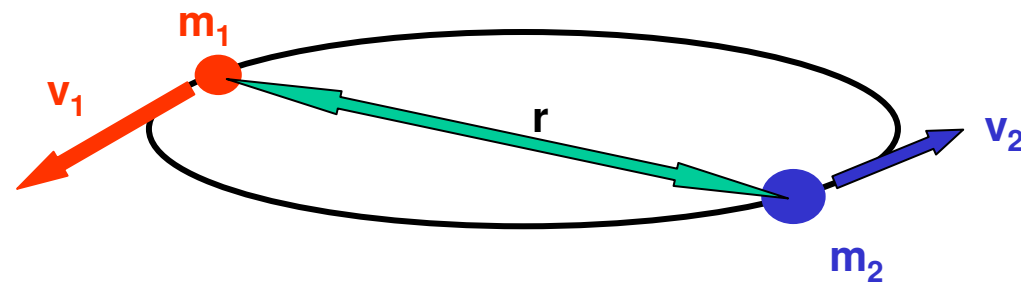
Gravitációsán kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:

a tagok tartósan együtt maradnak, nem távoznak a végtelenbe
(pl: Naprendszer, gázfelhő)

a legegyszerűbb gázfelhő:

két gravitációsán összetartott részecske



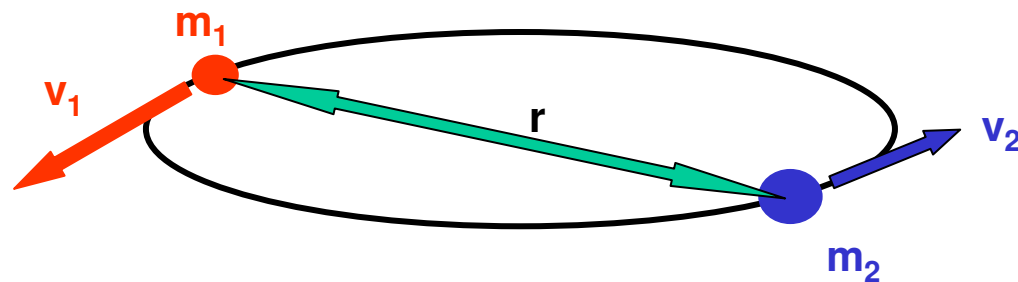
Gravitációsán kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:

a tagok tartósan együtt maradnak, nem távoznak a végtelenbe
(pl: Naprendszer, gázfelhő)

a legegyszerűbb gázfelhő:

két gravitációsán összetartott részecske



$E =$

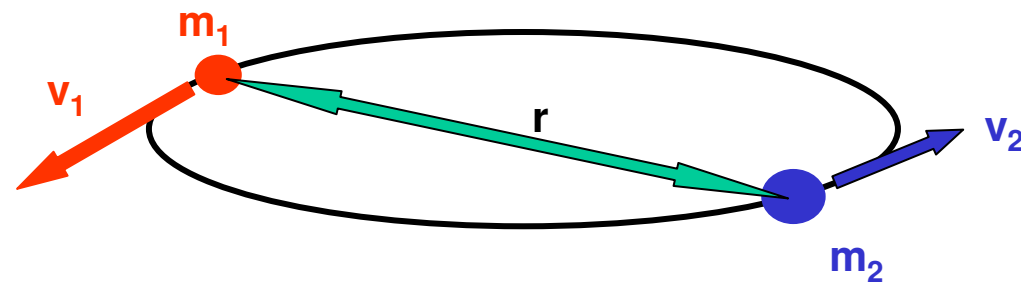
Gravitációsan kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:

a tagok tartósan együtt maradnak, nem távoznak a végtelenbe
(pl: Naprendszer, gázfelhő)

a legegyszerűbb gázfelhő:

két gravitációsan összetartott részecske



$$E = K_1$$

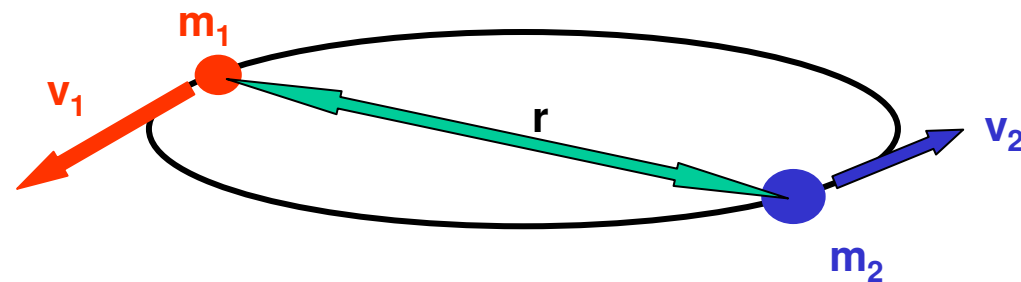
Gravitációsan kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:

a tagok tartósan együtt maradnak, nem távoznak a végtelenbe
(pl: Naprendszer, gázfelhő)

a legegyszerűbb gázfelhő:

két gravitációsan összetartott részecske



$$E = K_1 + K_2$$

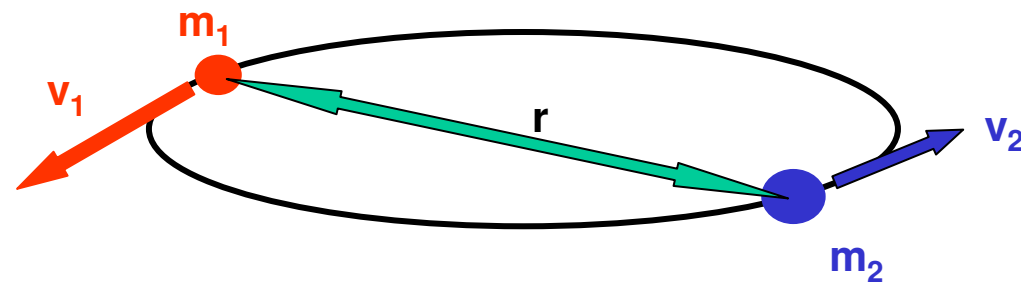
Gravitációsan kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:

a tagok tartósan együtt maradnak, nem távoznak a végtelenbe
(pl: Naprendszer, gázfelhő)

a legegyszerűbb gázfelhő:

két gravitációsan összetartott részecske



$$E = K_1 + K_2 + V$$

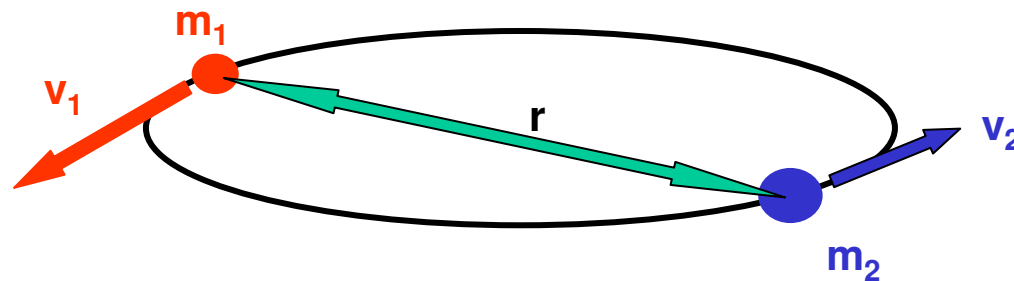
Gravitációsan kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:

a tagok tartósan együtt maradnak, nem távoznak a végtelenbe
(pl: Naprendszer, gázfelhő)

a legegyszerűbb gázfelhő:

két gravitációsan összetartott részecske



$$E = K_1 + K_2 + V = m_1 v_1^2 / 2$$

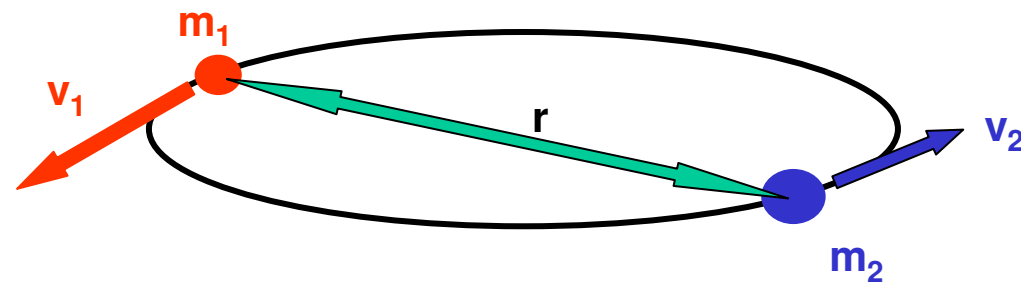
Gravitációsan kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:

a tagok tartósan együtt maradnak, nem távoznak a végtelenbe
(pl: Naprendszer, gázfelhő)

a legegyszerűbb gázfelhő:

két gravitációsan összetartott részecske



$$E = K_1 + K_2 + V = m_1 v_1^2 / 2 + m_2 v_2^2 / 2$$

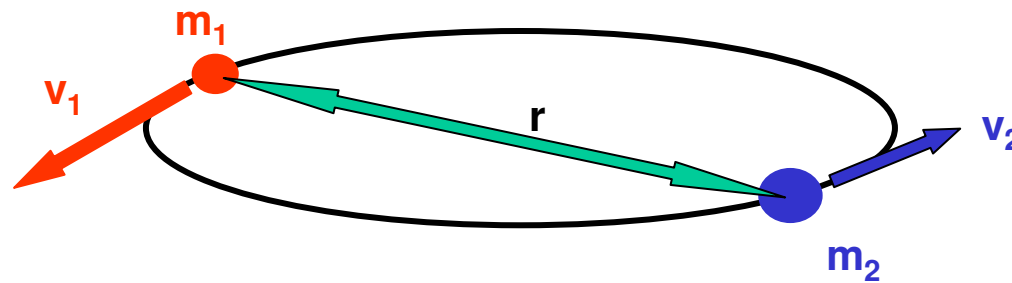
Gravitációsan kötött rendszer energetikai viszonyai

kötött rendszer:

a tagok tartósan együtt maradnak, nem távoznak a végtelenbe
(pl: Naprendszer, gázfelhő)

a legegyszerűbb gázfelhő:

két gravitációsan összetartott részecske



$$E = K_1 + K_2 + V = m_1 v_1^2 / 2 + m_2 v_2^2 / 2 - G m_1 m_2 / r$$

Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

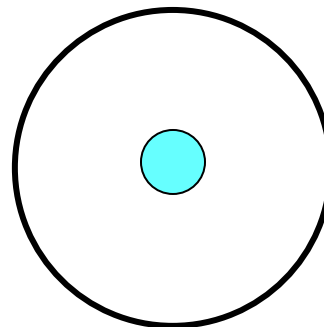
keringő műhold a Föld körül:



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

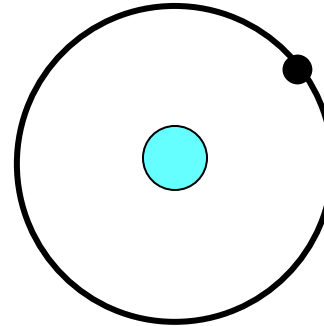
keringő műhold a Föld körül:



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

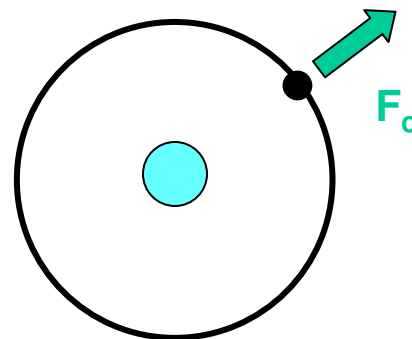
keringő műhold a Föld körül:



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

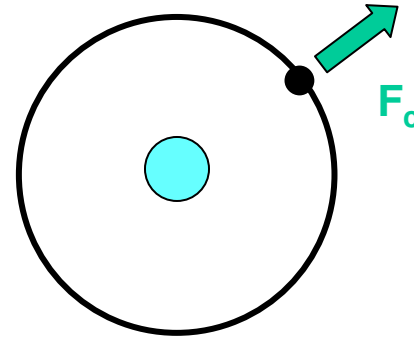


Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R$$

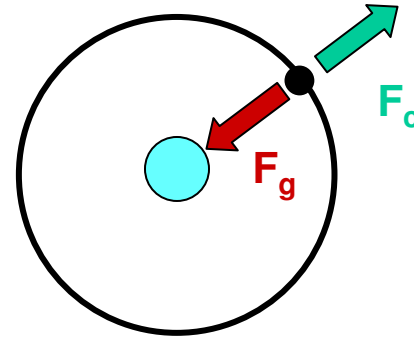


Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R$$

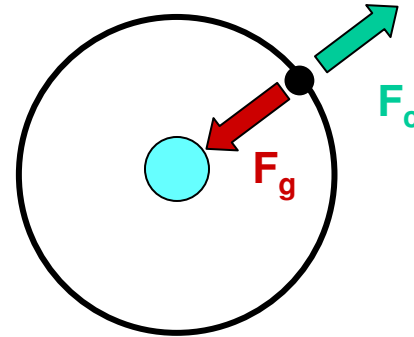


Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$



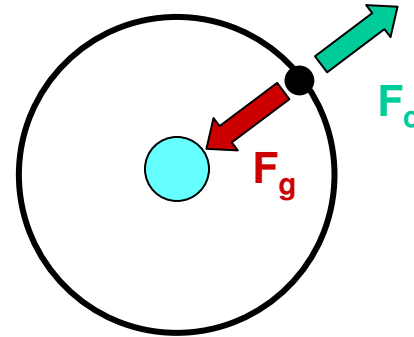
Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

$$mv^2 = GMm/R$$



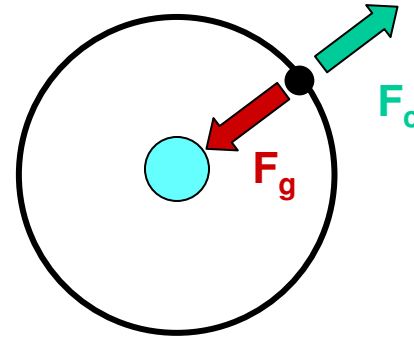
Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

$$mv^2 = GMm/R$$



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

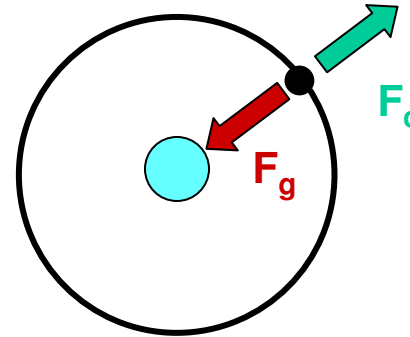
egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

$$mv^2 = GMm/R$$

2 K



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

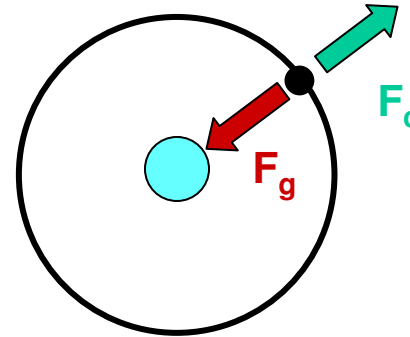
egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

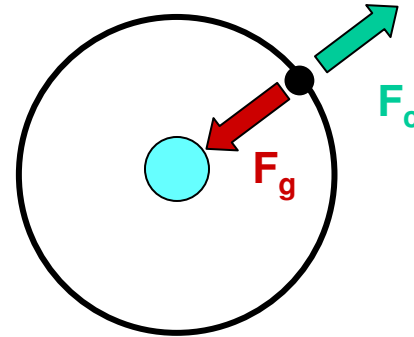
egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$



ugyanez igaz nagyon sok részecskére



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

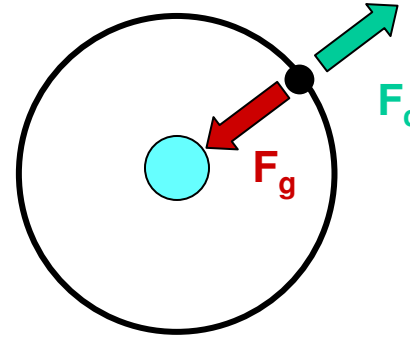
egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$



ugyanez igaz nagyon sok részecskére –
azaz gázfelhőre is:



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

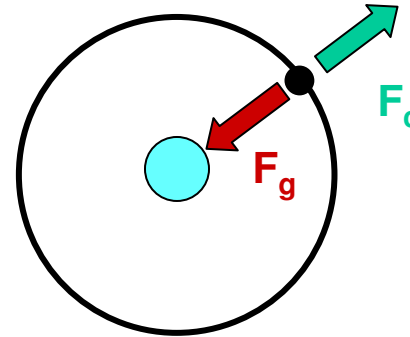
egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$



ugyanez igaz nagyon sok részecskére –
azaz gázfelhőre is: ez a **virial-tétel**



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

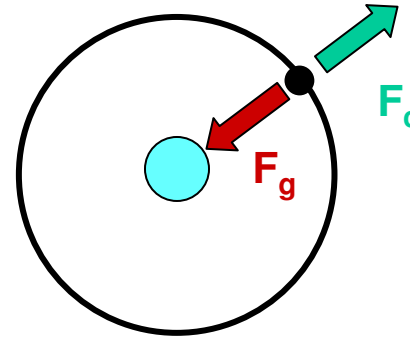
egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$



ugyanez igaz nagyon sok részecskére –
azaz gázfelhőre is: ez a **virial-tétel**

a teljes energia negatív:



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

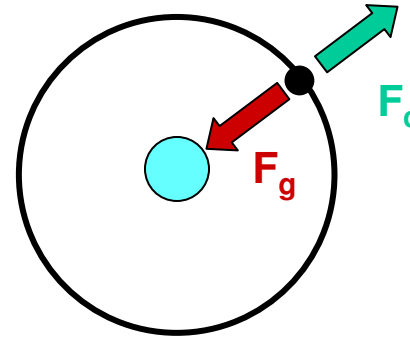
egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$



ugyanaz igaz nagyon sok részecskére –
azaz gázfelhőre is: ez a **virial-tétel**

a teljes energia negatív:

$$E =$$



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

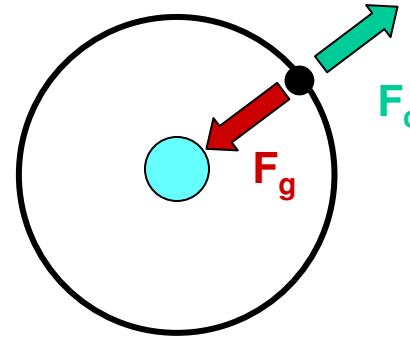
egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$



ugyanez igaz nagyon sok részecskére –
azaz gázfelhőre is: ez a **virial-tétel**

a teljes energia negatív:

$$E = K + V$$



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

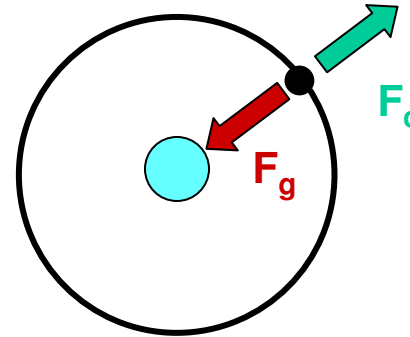
egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$



ugyanez igaz nagyon sok részecskére –
azaz gázfelhőre is: ez a **virial-tétel**

a teljes energia negatív:

$$E = K + V = V/2$$



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

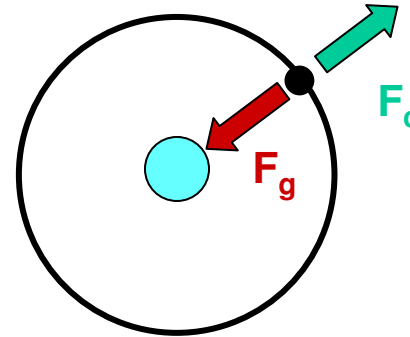
egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$



ugyanaz igaz nagyon sok részecskére –
azaz gázfelhőre is: ez a **virial-tétel**

a teljes energia negatív:

$$E = K + V = V/2 = -K$$



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

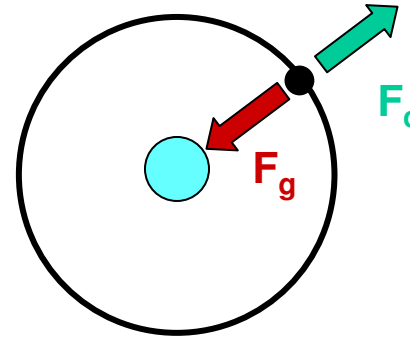
egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$



ugyanaz igaz nagyon sok részecskére –
azaz gázfelhőre is: ez a **virial-tétel**

a teljes energia negatív:

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

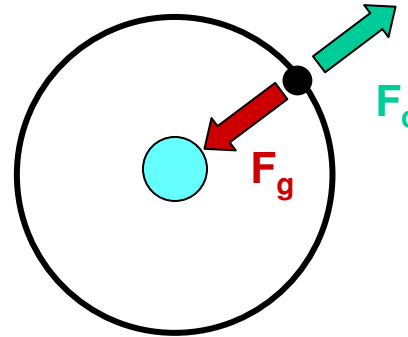
$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$

ugyanaz igaz nagyon sok részecskére –
azaz gázfelhőre is: ez a **virial-tétel**

a teljes energia negatív:

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$



Ha egy folyamat (pl súrlódás)
csökkenti az energiát:



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

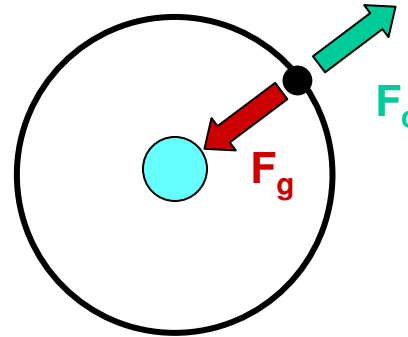
$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$

ugyanaz igaz nagyon sok részecskére –
azaz gázfelhőre is: ez a **virial-tétel**

a teljes energia negatív:

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$



Ha egy folyamat (pl súrlódás)
csökkenti az energiát:

E még negatívabb lesz



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

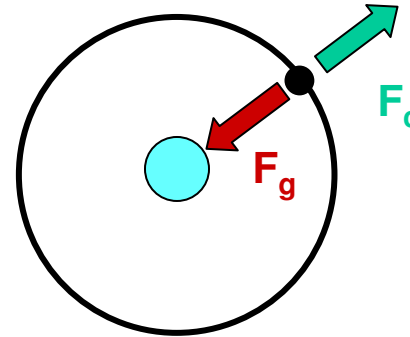
$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$

ugyanaz igaz nagyon sok részecskére –
azaz gázfelhőre is: ez a **virial-tétel**

a teljes energia negatív:

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$



Ha egy folyamat (pl súrlódás)
csökkenti az energiát:

E még negatívabb lesz → K még pozitívabb:



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

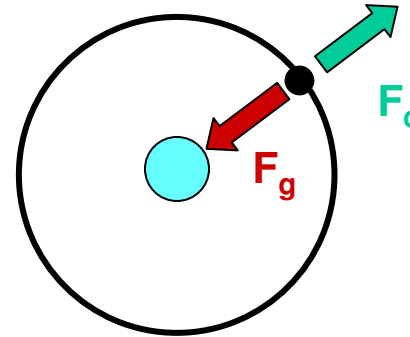
$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$

ugyanaz igaz nagyon sok részecskére –
azaz gázfelhőre is: ez a **virial-tétel**

a teljes energia negatív:

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$



Ha egy folyamat (pl súrlódás)
csökkenti az energiát:

E még negatívabb lesz → K még pozitívabb: **a mozgás gyorsul!**



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

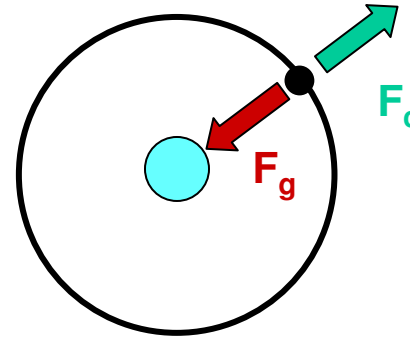
$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$

ugyanaz igaz nagyon sok részecskére –
azaz gázfelhőre is: ez a **virial-tétel**

a teljes energia negatív:

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$



Ha egy folyamat (pl súrlódás)
csökkenti az energiát:

E még negatívabb lesz → K még pozitívabb: **a mozgás gyorsul!**

Ez az az eset, amikor a súrlódás
gyorsítja a mozgást:



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

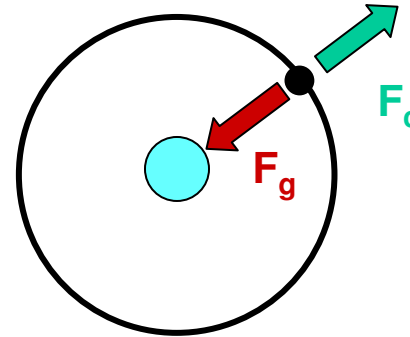
$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$

ugyanaz igaz nagyon sok részecskére –
azaz gázfelhőre is: ez a **virial-tétel**

a teljes energia negatív:

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$



Ha egy folyamat (pl súrlódás)
csökkenti az energiát:

E még negatívabb lesz → K még
pozitívabb: **a mozgás gyorsul!**

Ez az az eset, amikor a súrlódás
gyorsítja a mozgást: ez az
égimechanikai paradoxon



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

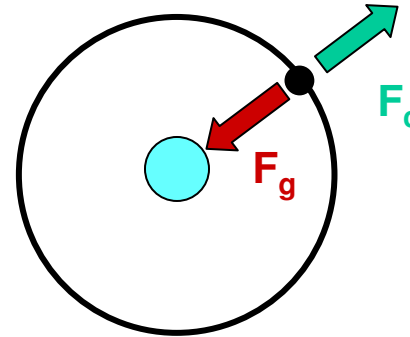
$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$

ugyanaz igaz nagyon sok részecskére –
azaz gázfelhőre is: ez a **virial-tétel**

a teljes energia negatív:

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$



Ha egy folyamat (pl súrlódás)
csökkenti az energiát:

E még negatívabb lesz → K még
pozitívabb: **a mozgás gyorsul!**

Ez az az eset, amikor a súrlódás
gyorsítja a mozgást: ez az
égimechanikai paradoxon

A magaslégkör súrlódása által fékezett műhold egyre lejjebb jön



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

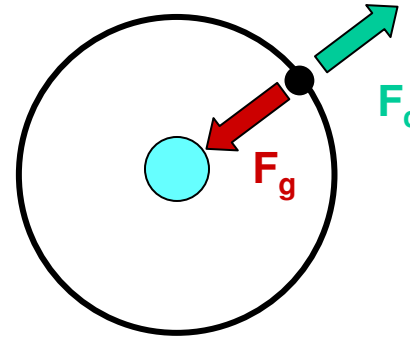
$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$

ugyanaz igaz nagyon sok részecskére –
azaz gázfelhőre is: ez a **virial-tétel**

a teljes energia negatív:

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$



Ha egy folyamat (pl súrlódás)
csökkenti az energiát:

E még negatívabb lesz → K még
pozitívabb: **a mozgás gyorsul!**

Ez az az eset, amikor a súrlódás
gyorsítja a mozgást: ez az
égimechanikai paradoxon

A magaslégkör súrlódása által fékezett műhold egyre lejjebb jön, és egyre
gyorsabban halad



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

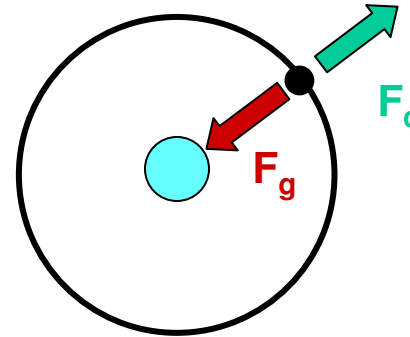
$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$

ugyanaz igaz nagyon sok részecskére –
azaz gázfelhőre is: ez a **virial-tétel**

a teljes energia negatív:

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$



Ha egy folyamat (pl súrlódás)
csökkenti az energiát:

E még negatívabb lesz → K még
pozitívabb: **a mozgás gyorsul!**

Ez az az eset, amikor a súrlódás
gyorsítja a mozgást: ez az
égimechanikai paradoxon

A magaslégkör súrlódása által fékezett műhold egyre lejjebb jön, és egyre
gyorsabban halad, ezért egyre inkább súrlódik:



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

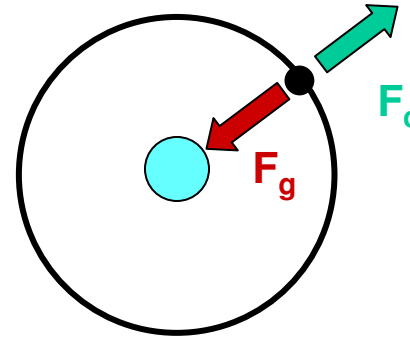
$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$

ugyanaz igaz nagyon sok részecskére –
azaz gázfelhőre is: ez a **virial-tétel**

a teljes energia negatív:

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$



Ha egy folyamat (pl súrlódás)
csökkenti az energiát:

E még negatívabb lesz → K még
pozitívabb: **a mozgás gyorsul!**

Ez az az eset, amikor a súrlódás
gyorsítja a mozgást: ez az
égimechanikai paradoxon

A magaslégkör súrlódása által fékezett műhold egyre lejjebb jön, és egyre
gyorsabban halad, ezért egyre inkább súrlódik: **pozitív visszacsatolás** lép fel:



Milyen viszonyban van a mozgási és a helyzeti energia?

egy kis matek...

keringő műhold a Föld körül:

$$F_c = mv^2/R = F_g = GMm/R^2$$

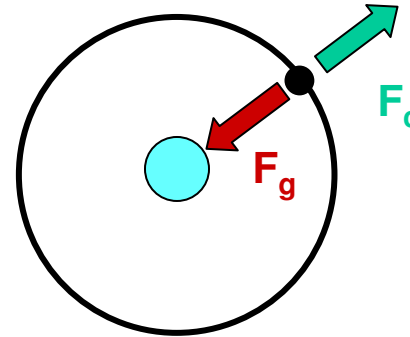
$$mv^2 = GMm/R$$

$$2K = -V$$

ugyanaz igaz nagyon sok részecskére –
azaz gázfelhőre is: ez a **virial-tétel**

a teljes energia negatív:

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$



Ha egy folyamat (pl súrlódás)
csökkenti az energiát:

E még negatívabb lesz → K még
pozitívabb: **a mozgás gyorsul!**

Ez az az eset, amikor a súrlódás
gyorsítja a mozgást: ez az
égimechanikai paradoxon

A magaslégkör súrlódása által fékezett műhold egyre lejjebb jön, és egyre gyorsabban halad, ezért egyre inkább súrlódik: **pozitív visszacsatolás** lép fel: így esett le 2012. január 15-én a Fobosz-Grunt űrszonda is.



Hogyan változik idővel a műhold mozgási és helyzeti energiája?



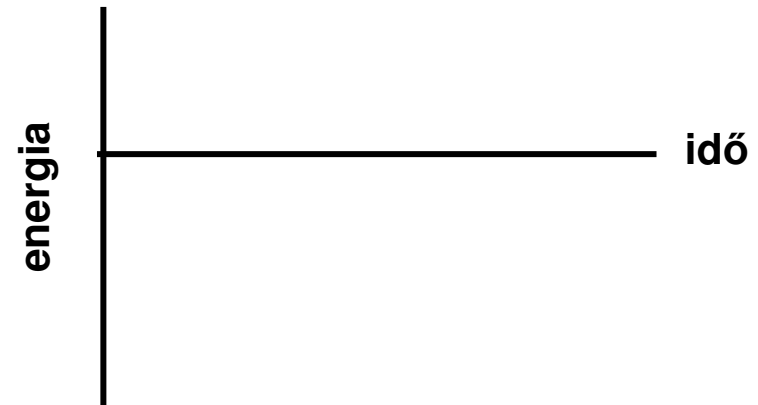
Hogyan változik idővel a műhold mozgási és helyzeti energiája?

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$



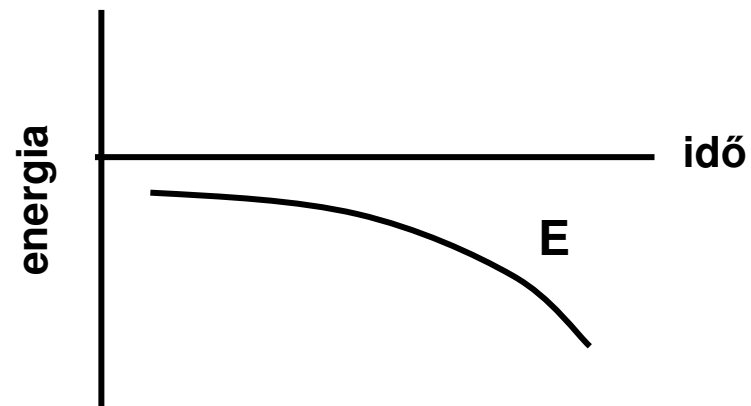
Hogyan változik idővel a műhold mozgási és helyzeti energiája?

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$



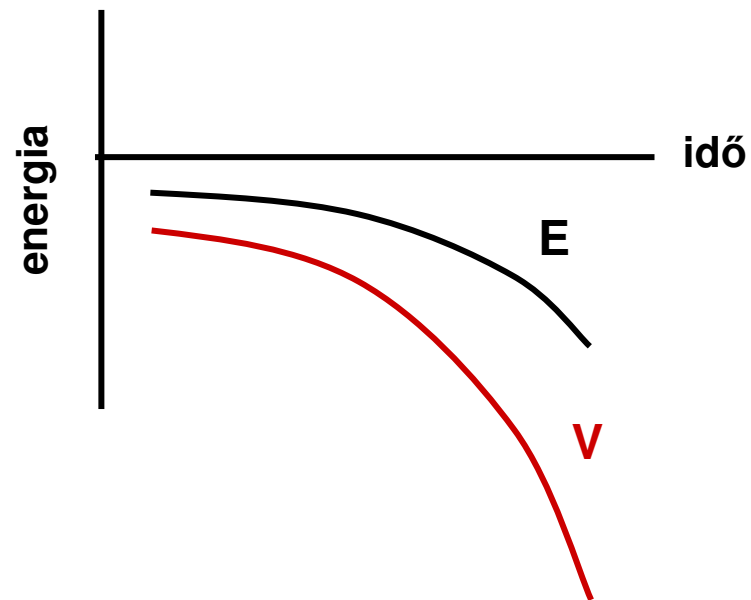
Hogyan változik idővel a műhold mozgási és helyzeti energiája?

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$



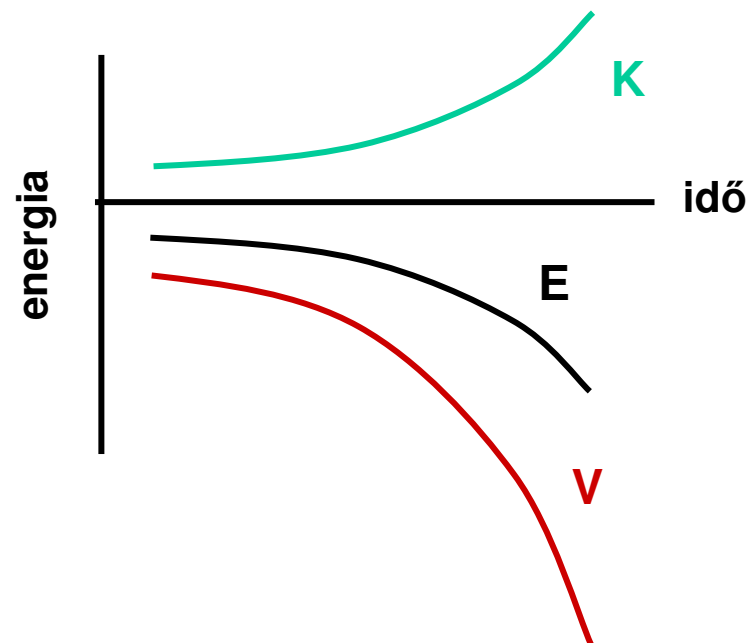
Hogyan változik idővel a műhold mozgási és helyzeti energiája?

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$



Hogyan változik idővel a műhold mozgási és helyzeti energiája?

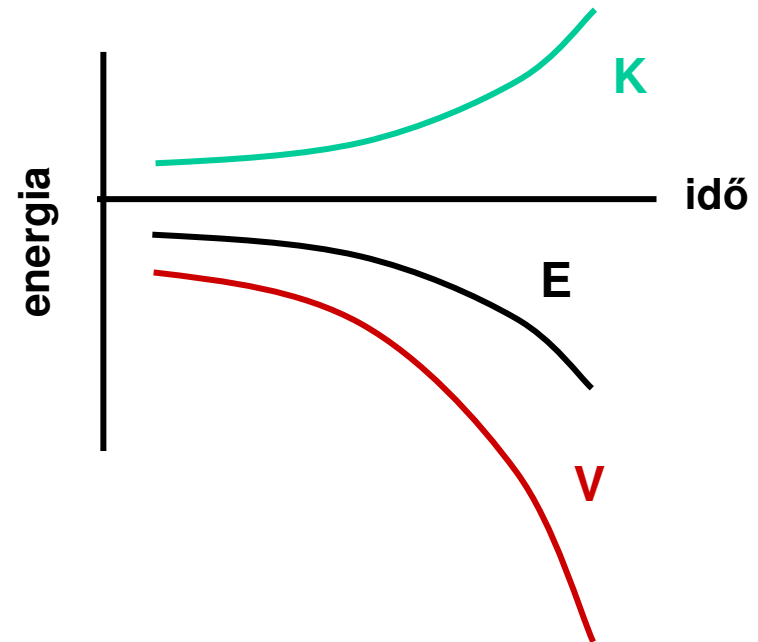
$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$



Hogyan változik idővel a műhold mozgási és helyzeti energiája?

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$

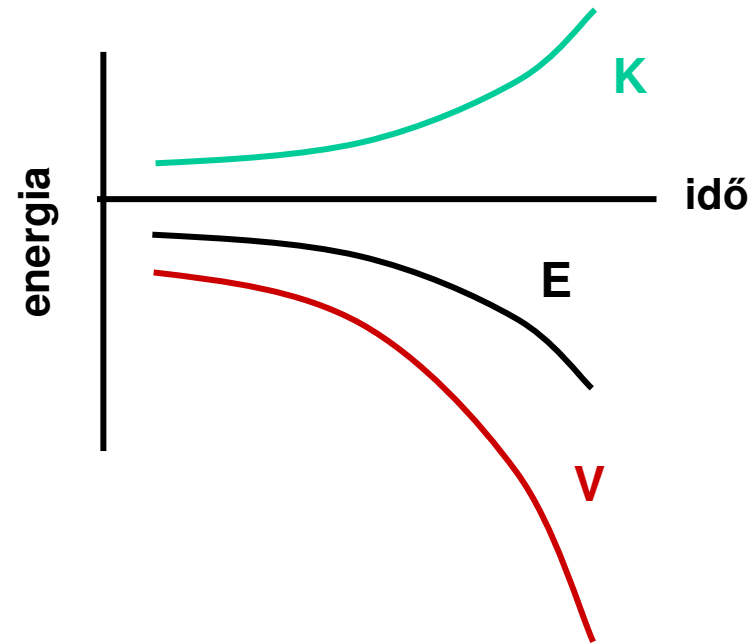
UGYANEZ a mechanizmusa



Hogyan változik idővel a műhold mozgási és helyzeti energiája?

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$

UGYANEZ a mechanizmusa a csillagképző gázfelhő hűlésének is:

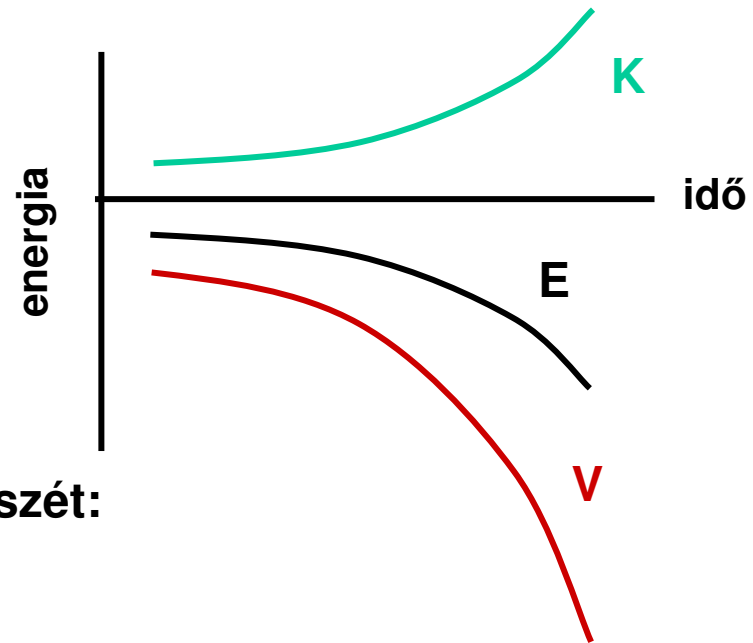


Hogyan változik idővel a műhold mozgási és helyzeti energiája?

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$

UGYANEZ a mechanizmusa a csillagképző gázfelhő hűlésének is:

➤ a hősugárzás elviszi az energia egy részét:

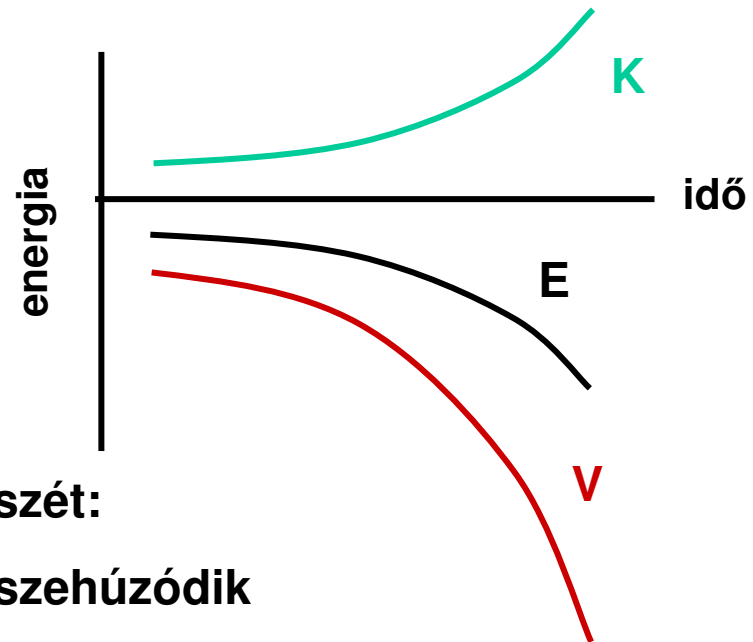


Hogyan változik idővel a műhold mozgási és helyzeti energiája?

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$

UGYANEZ a mechanizmusa
a csillagképző gázfelhő
hűlésének is:

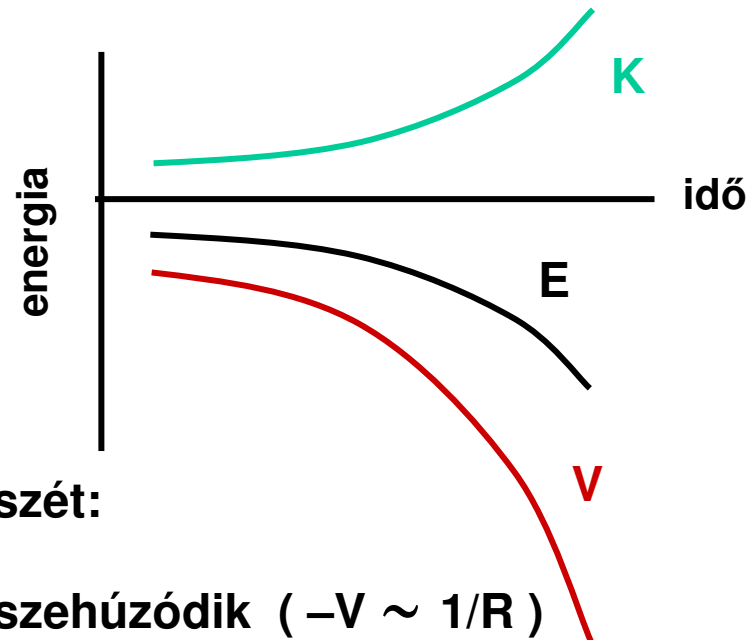
- a hőszugárzás elviszi az energia egy részét:
- a rendszer mérete csökken, a felhő összehúzódik



Hogyan változik idővel a műhold mozgási és helyzeti energiája?

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$

UGYANEZ a mechanizmusa
a csillagképző gázfelhő
hűlésének is:



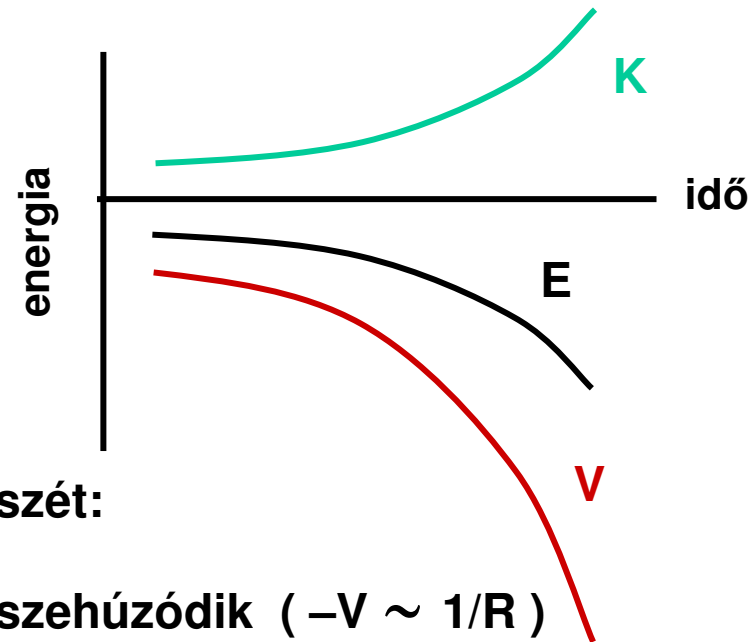
- a hőszugárzás elviszi az energia egy részét:
- a rendszer mérete csökken, a felhő összehúzódik ($-V \sim 1/R$)



Hogyan változik idővel a műhold mozgási és helyzeti energiája?

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$

UGYANEZ a mechanizmusa a csillagképző gázfelhő hűlésének is:



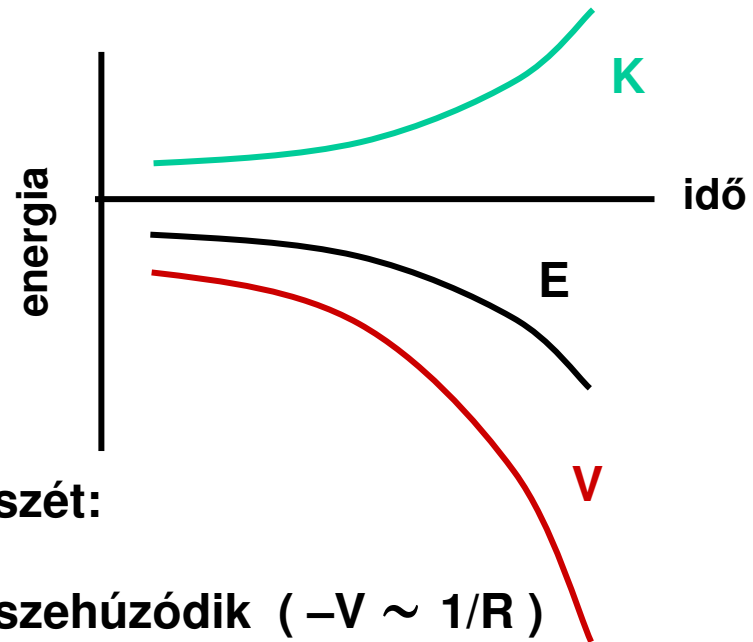
- a hőszugárzás elviszi az energia egy részét:
- a rendszer mérete csökken, a felhő összehúzódik ($-V \sim 1/R$)
- ugyanekkor a részecskék mozgási energiája nő:



Hogyan változik idővel a műhold mozgási és helyzeti energiája?

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$

UGYANEZ a mechanizmusa a csillagképző gázfelhő hűlésének is:



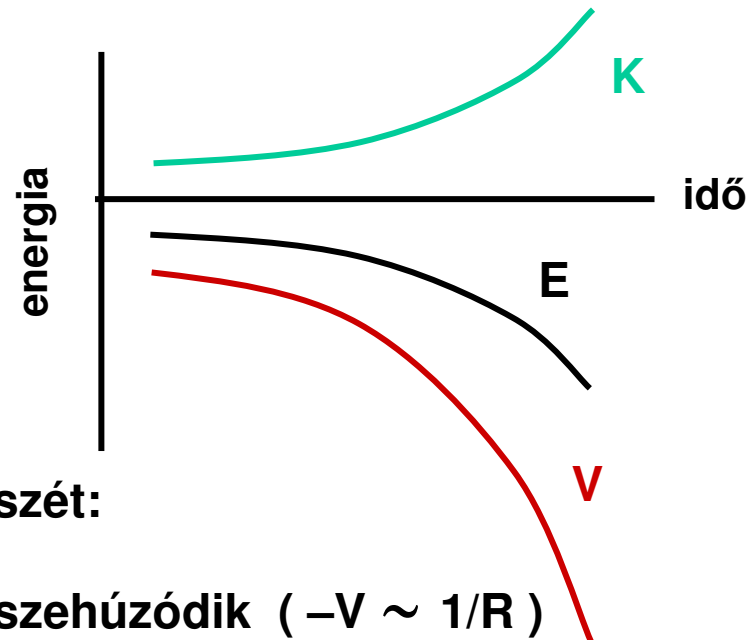
- a hősugárzás elviszi az energia egy részét:
- a rendszer mérete csökken, a felhő összehúzódik ($-V \sim 1/R$)
- ugyanekkor a részecskék mozgási energiája nő: a felhő felmelegszik



Hogyan változik idővel a műhold mozgási és helyzeti energiája?

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$

UGYANEZ a mechanizmusa a csillagképző gázfelhő hűlésének is:



- a hőszugárzás elviszi az energia egy részét:
- a rendszer mérete csökken, a felhő összehúzódik ($-V \sim 1/R$)
- ugyanekkor a részecskék mozgási energiája nő: a felhő felmelegszik

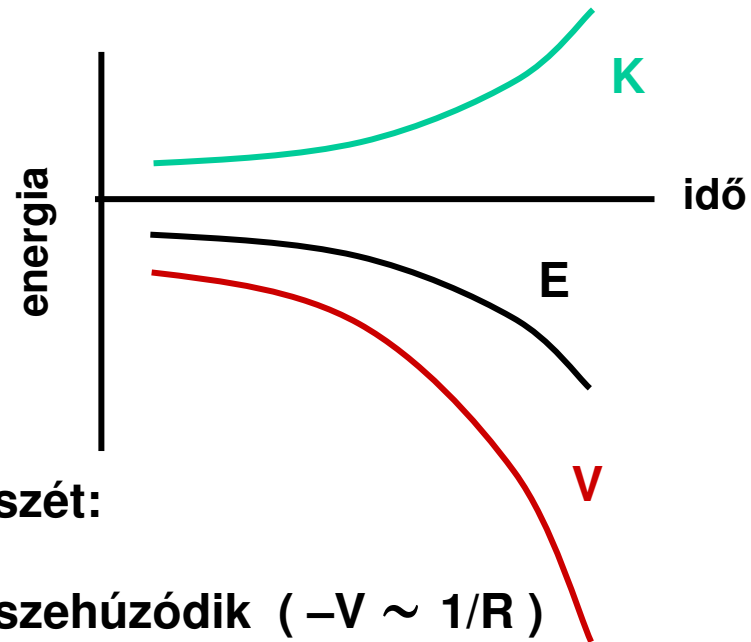
Ez az égimechanikai paradoxon másik arca:



Hogyan változik idővel a műhold mozgási és helyzeti energiája?

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$

UGYANEZ a mechanizmusa a csillagképző gázfelhő hűlésének is:



- a hősugárzás elviszi az energia egy részét:
- a rendszer mérete csökken, a felhő összehúzódik ($-V \sim 1/R$)
- ugyanekkor a részecskék mozgási energiája nő: a felhő felmelegszik

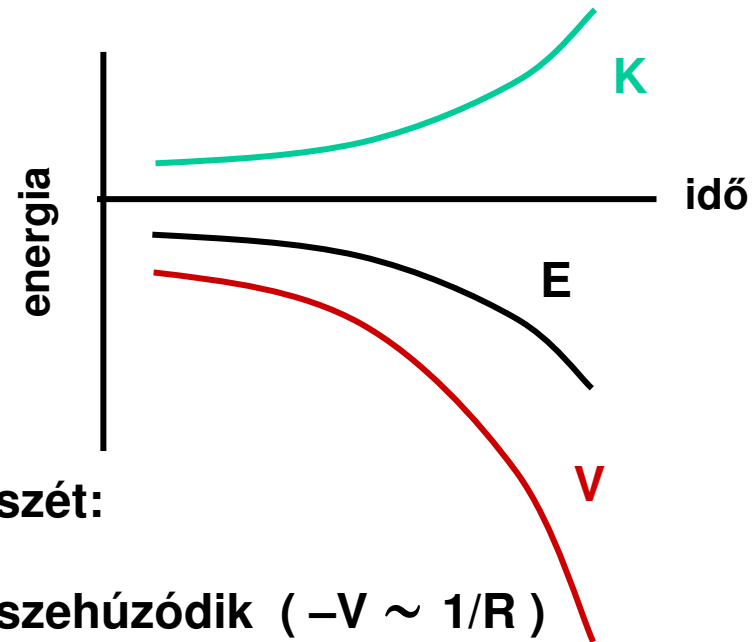
**Ez az égimechanikai paradoxon másik arca:
a felhőt hűtő hősugárzás hatására a felhő melegebb lesz:**



Hogyan változik idővel a műhold mozgási és helyzeti energiája?

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$

UGYANEZ a mechanizmusa a csillagképző gázfelhő hűlésének is:



- a hősugárzás elviszi az energia egy részét:
- a rendszer mérete csökken, a felhő összehúzódik ($-V \sim 1/R$)
- ugyanekkor a részecskék mozgási energiája nő: a felhő felmelegszik

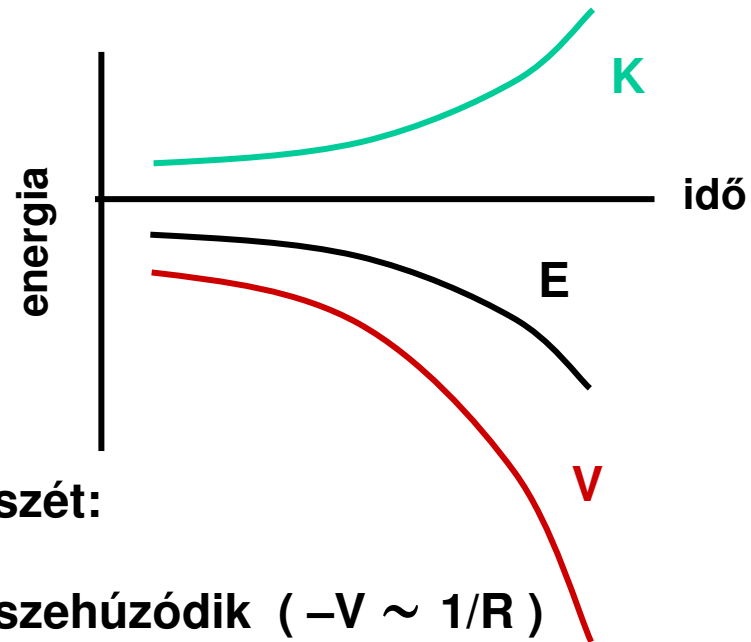
Ez az égimechanikai paradoxon másik arca:
a felhőt hűtő hősugárzás hatására a felhő melegebb lesz:
a gravitáló gázfelhő fajhője negatív!



Hogyan változik idővel a műhold mozgási és helyzeti energiája?

$$E = K + V = V/2 = -K < 0$$

UGYANEZ a mechanizmusa a csillagképző gázfelhő hűlésének is:



- a hősugárzás elviszi az energia egy részét:
- a rendszer mérete csökken, a felhő összehúzódik ($-V \sim 1/R$)
- ugyanekkor a részecskék mozgási energiája nő: a felhő felmelegszik

Ez az égimechanikai paradoxon másik arca:
a felhőt hűtő hősugárzás hatására a felhő melegebb lesz:
a gravitáló gázfelhő fajhője negatív!

(emlékezzünk a középiskolai kalorimetriára... ☺)



Mi tehát a csillagok termodinamikai paradoxonjának feloldása?



Mi tehát a csillagok termodinamikai paradoxonjának feloldása?

A gravitáció



Mi tehát a csillagok termodinamikai paradoxonjának feloldása?

A gravitáció
a hosszú hatótávú, leárnyékolhatatlan vonzóerő jelenlétében



Mi tehát a csillagok termodinamikai paradoxonjának feloldása?

A gravitáció

a hosszú hatótávú, leárnyékolhatatlan vonzóerő jelenlétében
MÁS a sok részecskéből álló rendszer elemei közti kölcsönhatás
mechanizmusa,



Mi tehát a csillagok termodinamikai paradoxonjának feloldása?

A gravitáció

**a hosszú hatótávú, leárnyékolhatatlan vonzóerő jelenlétében
MÁS a sok részecskéből álló rendszer elemei közti kölcsönhatás
mechanizmusa, mint a szokásos, rövid távú molekuláris
kölcsönhatásra épülő termodinamikában**



Mi tehát a csillagok termodinamikai paradoxonjának feloldása?

A gravitáció

**a hosszú hatótávú, leárnyékolhatatlan vonzóerő jelenlétében
MÁS a sok részecskéből álló rendszer elemei közti kölcsönhatás
mechanizmusa, mint a szokásos, rövid távú molekuláris
kölcsönhatásra épülő termodinamikában**

A maximális entrópiájú végállapot NEM a homogén massa,



Mi tehát a csillagok termodinamikai paradoxonjának feloldása?

A gravitáció

**a hosszú hatótávú, leárnyékolhatatlan vonzóerő jelenlétében
MÁS a sok részecskéből álló rendszer elemei közti kölcsönhatás
mechanizmusa, mint a szokásos, rövid távú molekuláris
kölcsönhatásra épülő termodinamikában**

**A maximális entrópiájú végállapot NEM a homogén massa, hanem a
néhány fekete lyukba tömörülő anyag.**



Mi tehát a csillagok termodinamikai paradoxonjának feloldása?

A gravitáció

**a hosszú hatótávú, leárnyékolhatatlan vonzóerő jelenlétében
MÁS a sok részecskéből álló rendszer elemei közti kölcsönhatás
mechanizmusa, mint a szokásos, rövid távú molekuláris
kölcsönhatásra épülő termodinamikában**

**A maximális entrópiájú végállapot NEM a homogén massa, hanem a
néhány fekete lyukba tömörülő anyag. Ennek a hosszú távú fejlődésnek
egyik első lépése a csillagok keletkezése.**



Mi tehát a csillagok termodinamikai paradoxonjának feloldása?

A gravitáció

**a hosszú hatótávú, leárnyékolhatatlan vonzóerő jelenlétében
MÁS a sok részecskéből álló rendszer elemei közti kölcsönhatás
mechanizmusa, mint a szokásos, rövid távú molekuláris
kölcsönhatásra épülő termodinamikában**

**A maximális entrópiájú végállapot NEM a homogén massa, hanem a
néhány fekete lyukba tömörülő anyag. Ennek a hosszú távú fejlődésnek
egyik első lépése a csillagok keletkezése.**

Megjegyzések:



Mi tehát a csillagok termodinamikai paradoxonjának feloldása?

A gravitáció

**a hosszú hatótávú, leárnyékolhatatlan vonzóerő jelenlétében
MÁS a sok részecskéből álló rendszer elemei közti kölcsönhatás
mechanizmusa, mint a szokásos, rövid távú molekuláris
kölcsönhatásra épülő termodinamikában**

**A maximális entrópiájú végállapot NEM a homogén massa, hanem a
néhány fekete lyukba tömörülő anyag. Ennek a hosszú távú fejlődésnek
egyik első lépése a csillagok keletkezése.**

Megjegyzések:

- **A gravitáció nagyon gyenge kölcsönhatás**



Mi tehát a csillagok termodinamikai paradoxonjának feloldása?

A gravitáció

a hosszú hatótávú, leárnyékolhatatlan vonzóerő jelenlétében **MÁS** a sok részecskéből álló rendszer elemei közti kölcsönhatás mechanizmusa, mint a szokásos, rövid távú molekuláris kölcsönhatásra épülő termodinamikában

A maximális entrópiájú végállapot **NEM** a homogén massa, hanem a néhány fekete lyukba tömörülő anyag. Ennek a hosszú távú fejlődésnek egyik első lépése a csillagok keletkezése.

Megjegyzések:

- A gravitáció nagyon gyenge kölcsönhatás ($E:G = 10^{40}$),



Mi tehát a csillagok termodinamikai paradoxonjának feloldása?

A gravitáció

a hosszú hatótávú, leárnyékolhatatlan vonzóerő jelenlétében **MÁS** a sok részecskéből álló rendszer elemei közti kölcsönhatás mechanizmusa, mint a szokásos, rövid távú molekuláris kölcsönhatásra épülő termodinamikában

A maximális entrópiájú végállapot **NEM** a homogén massa, hanem a néhány fekete lyukba tömörülő anyag. Ennek a hosszú távú fejlődésnek egyik első lépése a csillagok keletkezése.

Megjegyzések:

- A gravitáció nagyon gyenge kölcsönhatás ($E:G = 10^{40}$), kicsiben ezért nehéz észrevenni.



Mi tehát a csillagok termodinamikai paradoxonjának feloldása?

A gravitáció

a hosszú hatótávú, leárnyékolhatatlan vonzóerő jelenlétében **MÁS** a sok részecskéből álló rendszer elemei közti kölcsönhatás mechanizmusa, mint a szokásos, rövid távú molekuláris kölcsönhatásra épülő termodinamikában

A maximális entrópiájú végállapot **NEM** a homogén massa, hanem a néhány fekete lyukba tömörülő anyag. Ennek a hosszú távú fejlődésnek egyik első lépése a csillagok keletkezése.

Megjegyzések:

- A gravitáció nagyon gyenge kölcsönhatás ($E:G = 10^{40}$), kicsiben ezért nehéz észrevenni.
- Talán mégis...



Mi tehát a csillagok termodinamikai paradoxonjának feloldása?

A gravitáció

a hosszú hatótávú, leárnyékolhatatlan vonzóerő jelenlétében **MÁS** a sok részecskéből álló rendszer elemei közti kölcsönhatás mechanizmusa, mint a szokásos, rövid távú molekuláris kölcsönhatásra épülő termodinamikában

A maximális entrópiájú végállapot **NEM** a homogén massa, hanem a néhány fekete lyukba tömörülő anyag. Ennek a hosszú távú fejlődésnek egyik első lépése a csillagok keletkezése.

Megjegyzések:

- A gravitáció nagyon gyenge kölcsönhatás ($E:G = 10^{40}$), kicsiben ezért nehéz észrevenni.
- Talán mégis... mi egy fél üveg víz egyensúlyi állapota?



Mi tehát a csillagok termodinamikai paradoxonjának feloldása?

A gravitáció

a hosszú hatótávú, leárnyékolhatatlan vonzóerő jelenlétében **MÁS** a sok részecskéből álló rendszer elemei közti kölcsönhatás mechanizmusa, mint a szokásos, rövid távú molekuláris kölcsönhatásra épülő termodinamikában

A maximális entrópiájú végállapot **NEM** a homogén massa, hanem a néhány fekete lyukba tömörülő anyag. Ennek a hosszú távú fejlődésnek egyik első lépése a csillagok keletkezése.

Megjegyzések:

- A gravitáció nagyon gyenge kölcsönhatás ($E:G = 10^{40}$), kicsiben ezért nehéz észrevenni.
- Talán mégis... mi egy fél üveg víz egyensúlyi állapota?
- Nagyon hosszú távon



Mi tehát a csillagok termodinamikai paradoxonjának feloldása?

A gravitáció

a hosszú hatótávú, leárnyékolhatatlan vonzóerő jelenlétében **MÁS** a sok részecskéből álló rendszer elemei közti kölcsönhatás mechanizmusa, mint a szokásos, rövid távú molekuláris kölcsönhatásra épülő termodinamikában

A maximális entrópiájú végállapot **NEM** a homogén massa, hanem a néhány fekete lyukba tömörülő anyag. Ennek a hosszú távú fejlődésnek egyik első lépése a csillagok keletkezése.

Megjegyzések:

- A gravitáció nagyon gyenge kölcsönhatás ($E:G = 10^{40}$), kicsiben ezért nehéz észrevenni.
- Talán mégis... mi egy fél üveg víz egyensúlyi állapota?
- Nagyon hosszú távon (10^{100} év)



Mi tehát a csillagok termodinamikai paradoxonjának feloldása?

A gravitáció

a hosszú hatótávú, leárnyékolhatatlan vonzóerő jelenlétében **MÁS** a sok részecskéből álló rendszer elemei közti kölcsönhatás mechanizmusa, mint a szokásos, rövid távú molekuláris kölcsönhatásra épülő termodinamikában

A maximális entrópiájú végállapot **NEM** a homogén massa, hanem a néhány fekete lyukba tömörülő anyag. Ennek a hosszú távú fejlődésnek egyik első lépése a csillagok keletkezése.

Megjegyzések:

- A gravitáció nagyon gyenge kölcsönhatás ($E:G = 10^{40}$), kicsiben ezért nehéz észrevenni.
- Talán mégis... mi egy fél üveg víz egyensúlyi állapota?
- Nagyon hosszú távon (10^{100} év) a fekete lyukak is elbomlanak,



Mi tehát a csillagok termodinamikai paradoxonjának feloldása?

A gravitáció

a hosszú hatótávú, leárnyékolhatatlan vonzóerő jelenlétében **MÁS** a sok részecskéből álló rendszer elemei közti kölcsönhatás mechanizmusa, mint a szokásos, rövid távú molekuláris kölcsönhatásra épülő termodinamikában

A maximális entrópiájú végállapot **NEM** a homogén massa, hanem a néhány fekete lyukba tömörülő anyag. Ennek a hosszú távú fejlődésnek egyik első lépése a csillagok keletkezése.

Megjegyzések:

- A gravitáció nagyon gyenge kölcsönhatás ($E:G = 10^{40}$), kicsiben ezért nehéz észrevenni.
- Talán mégis... mi egy fél üveg víz egyensúlyi állapota?
- Nagyon hosszú távon (10^{100} év) a fekete lyukak is elbomlanak, a végállapot pusztá sugárzás lesz,



Mi tehát a csillagok termodinamikai paradoxonjának feloldása?

A gravitáció

a hosszú hatótávú, leárnyékolhatatlan vonzóerő jelenlétében **MÁS** a sok részecskéből álló rendszer elemei közti kölcsönhatás mechanizmusa, mint a szokásos, rövid távú molekuláris kölcsönhatásra épülő termodinamikában

A maximális entrópiájú végállapot **NEM** a homogén massa, hanem a néhány fekete lyukba tömörülő anyag. Ennek a hosszú távú fejlődésnek egyik első lépése a csillagok keletkezése.

Megjegyzések:

- A gravitáció nagyon gyenge kölcsönhatás ($E:G = 10^{40}$), kicsiben ezért nehéz észrevenni.
- Talán mégis... mi egy fél üveg víz egyensúlyi állapota?
- Nagyon hosszú távon (10^{100} év) a fekete lyukak is elbomlanak, a végállapot pusztá sugárzás lesz, a gravitáció már nem játszik...



Mi tehát a csillagok termodinamikai paradoxonjának feloldása?

A gravitáció

a hosszú hatótávú, leárnyékolhatatlan vonzóerő jelenlétében **MÁS** a sok részecskéből álló rendszer elemei közti kölcsönhatás mechanizmusa, mint a szokásos, rövid távú molekuláris kölcsönhatásra épülő termodinamikában

A maximális entrópiájú végállapot **NEM** a homogén massa, hanem a néhány fekete lyukba tömörülő anyag. Ennek a hosszú távú fejlődésnek egyik első lépése a csillagok keletkezése.

Megjegyzések:

- A gravitáció nagyon gyenge kölcsönhatás ($E:G = 10^{40}$), kicsiben ezért nehéz észrevenni.
- Talán mégis... mi egy fél üveg víz egyensúlyi állapota?
- Nagyon hosszú távon (10^{100} év) a fekete lyukak is elbomlanak, a végállapot pusztá sugárzás lesz, a gravitáció már nem játszik... (de ez már a majdani kvantumgravitációs elmélet témája lesz)



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását
pozitív visszacsatolás gyorsítja:



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását
pozitív visszacsatolás gyorsítja:
az összehúzódott felhő melegebb,



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását
pozitív visszacsatolás gyorsítja:
az összehúzódott felhő melegebb, erősebben sugároz



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását
pozitív visszacsatolás gyorsítja:
az összehúzódott felhő melegebb, erősebben sugároz ($\sim T^4$),



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását

pozitív visszacsatolás gyorsítja:

az összehúzódott felhő melegebb, erősebben sugároz ($\sim T^4$),
ezért gyorsabban hűl,



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását

pozitív visszacsatolás gyorsítja:

az összehúzódott felhő melegebb, erősebben sugároz ($\sim T^4$),
ezért gyorsabban hűl, azaz gyorsabban melegszik...



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását
pozitív visszacsatolás gyorsítja:

az összehúzódott felhő melegebb, erősebben sugároz ($\sim T^4$),
ezért gyorsabban hűl, azaz gyorsabban melegszik...

Mi lesz az öngyorsító folyamat végállapota?



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását **pozitív visszacsatolás** gyorsítja:

az összehúzódt felhő melegebb, erősebben sugároz ($\sim T^4$), ezért gyorsabban hűl, azaz gyorsabban melegszik...

Mi lesz az öngyorsító folyamat végállapota?

➤ Két egymás körül keringő részecske:



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását **pozitív visszacsatolás** gyorsítja:

az összehúzódott felhő melegebb, erősebben sugároz ($\sim T^4$), ezért gyorsabban hűl, azaz gyorsabban melegszik...

Mi lesz az öngyorsító folyamat végállapota?

➤ Két egymás körül keringő részecske: $r \Rightarrow 0$,



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását **pozitív visszacsatolás** gyorsítja:

az összehúzódott felhő melegebb, erősebben sugároz ($\sim T^4$), ezért gyorsabban hűl, azaz gyorsabban melegszik...

Mi lesz az öngyorsító folyamat végállapota?

➤ Két egymás körül keringő részecske: $r \Rightarrow 0$, összeütközés a vége



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását **pozitív visszacsatolás** gyorsítja:

az összehúzódott felhő melegebb, erősebben sugároz ($\sim T^4$), ezért gyorsabban hűl, azaz gyorsabban melegszik...

Mi lesz az öngyorsító folyamat végállapota?

- Két egymás körül keringő részecske: $r \Rightarrow 0$, összeütközés a vége (pl. két neutroncsillag)



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását **pozitív visszacsatolás** gyorsítja:

az összehúzódt felhő melegebb, erősebben sugároz ($\sim T^4$), ezért gyorsabban hűl, azaz gyorsabban melegszik...

Mi lesz az öngyorsító folyamat végállapota?

- Két egymás körül keringő részecske: $r \Rightarrow 0$, összeütközés a vége (pl. két neutroncsillag)
- Műhold:



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását **pozitív visszacsatolás** gyorsítja:

az összehúzódt felhő melegebb, erősebben sugároz ($\sim T^4$), ezért gyorsabban hűl, azaz gyorsabban melegszik...

Mi lesz az öngyorsító folyamat végállapota?

- Két egymás körül keringő részecske: $r \Rightarrow 0$, összeütközés a vége (pl. két neutroncsillag)
- Műhold: r csökken,



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását **pozitív visszacsatolás** gyorsítja:

az összehúzódt felhő melegebb, erősebben sugároz ($\sim T^4$), ezért gyorsabban hűl, azaz gyorsabban melegszik...

Mi lesz az öngyorsító folyamat végállapota?

- Két egymás körül keringő részecske: $r \Rightarrow 0$, összeütközés a vége (pl. két neutroncsillag)
- Műhold: r csökken, de megállítja a Föld felszíne



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását **pozitív visszacsatolás** gyorsítja:

az összehúzódt felhő melegebb, erősebben sugároz ($\sim T^4$), ezért gyorsabban hűl, azaz gyorsabban melegszik...

Mi lesz az öngyorsító folyamat végállapota?

- Két egymás körül keringő részecske: $r \Rightarrow 0$, összeütközés a vége (pl. két neutroncsillag)
- Műhold: r csökken, de megállítja a Föld felszíne (ha el nem ég a légkörben)



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását **pozitív visszacsatolás** gyorsítja:

az összehúzódott felhő melegebb, erősebben sugároz ($\sim T^4$), ezért gyorsabban hűl, azaz gyorsabban melegszik...

Mi lesz az öngyorsító folyamat végállapota?

- Két egymás körül keringő részecske: $r \Rightarrow 0$, összeütközés a vége (pl. két neutroncsillag)
- Műhold: r csökken, de megállítja a Föld felszíne (ha el nem ég a légkörben)
- Gázfelhő:



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását **pozitív visszacsatolás** gyorsítja:

az összehúzódott felhő melegebb, erősebben sugároz ($\sim T^4$), ezért gyorsabban hűl, azaz gyorsabban melegszik...

Mi lesz az öngyorsító folyamat végállapota?

- Két egymás körül keringő részecske: $r \Rightarrow 0$, összeütközés a vége (pl. két neutroncsillag)
- Műhold: r csökken, de megállítja a Föld felszíne (ha el nem ég a légkörben)
- Gázfelhő: megáll az összehúzódás,



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását **pozitív visszacsatolás** gyorsítja:

az összehúzódott felhő melegebb, erősebben sugároz ($\sim T^4$), ezért gyorsabban hűl, azaz gyorsabban melegszik...

Mi lesz az öngyorsító folyamat végállapota?

- Két egymás körül keringő részecske: $r \Rightarrow 0$, összeütközés a vége (pl. két neutroncsillag)
- Műhold: r csökken, de megállítja a Föld felszíne (ha el nem ég a légkörben)
- Gázfelhő: megáll az összehúzódás, ha fellép egy extra energiaforrás,



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását **pozitív visszacsatolás** gyorsítja:

az összehúzódt felhő melegebb, erősebben sugároz ($\sim T^4$), ezért gyorsabban hűl, azaz gyorsabban melegszik...

Mi lesz az öngyorsító folyamat végállapota?

- Két egymás körül keringő részecske: $r \Rightarrow 0$, összeütközés a vége (pl. két neutroncsillag)
- Műhold: r csökken, de megállítja a Föld felszíne (ha el nem ég a légkörben)
- Gázfelhő: megáll az összehúzódás, ha fellép egy extra energiaforrás, és pótolja a kisugárzott energiát



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását **pozitív visszacsatolás** gyorsítja:

az összehúzódott felhő melegebb, erősebben sugároz ($\sim T^4$), ezért gyorsabban hűl, azaz gyorsabban melegszik...

Mi lesz az öngyorsító folyamat végállapota?

- Két egymás körül keringő részecske: $r \Rightarrow 0$, összeütközés a vége (pl. két neutroncsillag)
- Műhold: r csökken, de megállítja a Föld felszíne (ha el nem ég a légkörben)
- Gázfelhő: megáll az összehúzódás, ha fellép egy extra energiaforrás, és pótolja a kisugárzott energiát

Elegendően nagy gázfelhő belsejében a hőmérséklet eléri a néhány millió fokot,



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását **pozitív visszacsatolás** gyorsítja:

az összehúzódott felhő melegebb, erősebben sugároz ($\sim T^4$), ezért gyorsabban hűl, azaz gyorsabban melegszik...

Mi lesz az öngyorsító folyamat végállapota?

- Két egymás körül keringő részecske: $r \Rightarrow 0$, összeütközés a vége (pl. két neutroncsillag)
- Műhold: r csökken, de megállítja a Föld felszíne (ha el nem ég a légkörben)
- Gázfelhő: megáll az összehúzódás, ha fellép egy extra energiaforrás, és pótolja a kisugárzott energiát

Elegendően nagy gázfelhő belsejében a hőmérséklet eléri a néhány millió fokot, és **beindul a magfúzió**,



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását **pozitív visszacsatolás** gyorsítja:

az összehúzódott felhő melegebb, erősebben sugároz ($\sim T^4$), ezért gyorsabban hűl, azaz gyorsabban melegszik...

Mi lesz az öngyorsító folyamat végállapota?

- Két egymás körül keringő részecske: $r \Rightarrow 0$, összeütközés a vége (pl. két neutroncsillag)
- Műhold: r csökken, de megállítja a Föld felszíne (ha el nem ég a légkörben)
- Gázfelhő: megáll az összehúzódás, ha fellép egy extra energiaforrás, és pótolja a kisugárzott energiát

Elegendően nagy gázfelhő belsejében a hőmérséklet eléri a néhány millió fokot, és **beindul a magfúzió**,

ennek felszabaduló energiája folyamatosan pótolja a csillag felszínén kisugárzott energiát,



A műhold zuhanását és a gázfelhő összehúzódását **pozitív visszacsatolás** gyorsítja:

az összehúzódott felhő melegebb, erősebben sugároz ($\sim T^4$), ezért gyorsabban hűl, azaz gyorsabban melegszik...

Mi lesz az öngyorsító folyamat végállapota?

- Két egymás körül keringő részecske: $r \Rightarrow 0$, összeütközés a vége (pl. két neutroncsillag)
- Műhold: r csökken, de megállítja a Föld felszíne (ha el nem ég a légkörben)
- Gázfelhő: megáll az összehúzódás, ha fellép egy extra energiaforrás, és pótolja a kisugárzott energiát

Elegendően nagy gázfelhő belsejében a hőmérséklet eléri a néhány millió fokot, és **beindul a magfúzió**,

ennek felszabaduló energiája folyamatosan pótolja a csillag felszínén kisugárzott energiát,

a csillag stacionárius (állandó üzemmódú, steady-state) állapotba kerül.

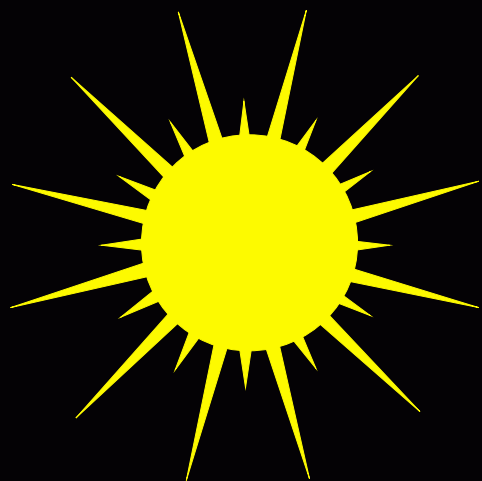




Köszönöm a figyelmet!

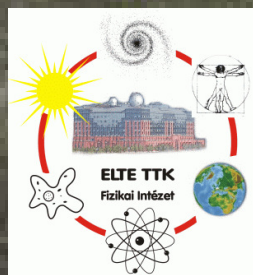
Idén ősszel folytatása következik!





A
lehűléstől
forrósodó
tégla –

avagy a csillagok
termodinamikája



Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 01. 19.