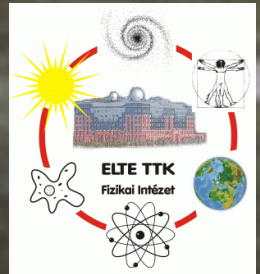


Antigravitáció

Dávid Gyula
2026 01. 15.

Az atomoktól a csillagokig



Vissza a jövőbe...

bocs, a múltba:

2015



Vissza a jövőbe...

bocs, a múltba:

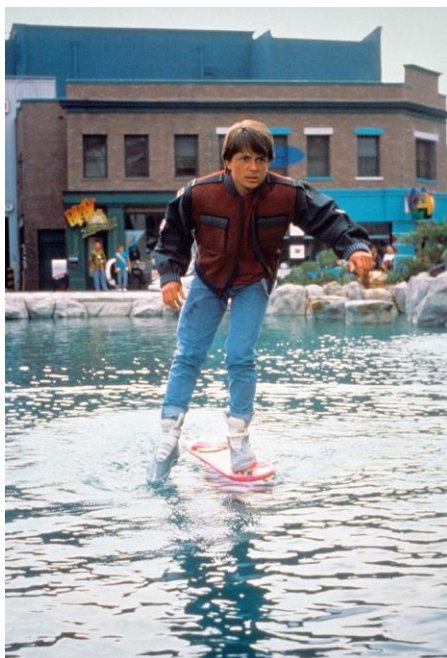
2015



Vissza a jövőbe...

bocs, a múltba:

2015



Vissza a jövőbe...

bocs, a múltba:

2015

Antigravitációs eszközök:

repülő autók

lebegő deszkák

Hol késnek?

Megengedi-e a létezésüket a fizika?

Ha Marty fiának nem lett,
lesz-e az unokájának
antigravitáló deszkája?

Mit mond erről a fizika?



Vissza a jövőbe...

bocs, a múltba:

2015

Antigravitációs eszközök:

repülő autók

lebegő deszkák

Hol késnek?

Megengedi-e a létezésüket a fizika?

Ha Marty fiának nem lett,
lesz-e az unokájának
antigravitáló deszkája?

Mit mond erről a fizika?



Disclaimer:

az előzetes kommentek
közt megjelentek

konteók Tesláról és a 115.
elemről

Ilyen áltudományos képzelgésekkel
nem foglalkozunk.



Ikarosz



Az ember ősi vágya a repülés

a gravitáció legyőzése



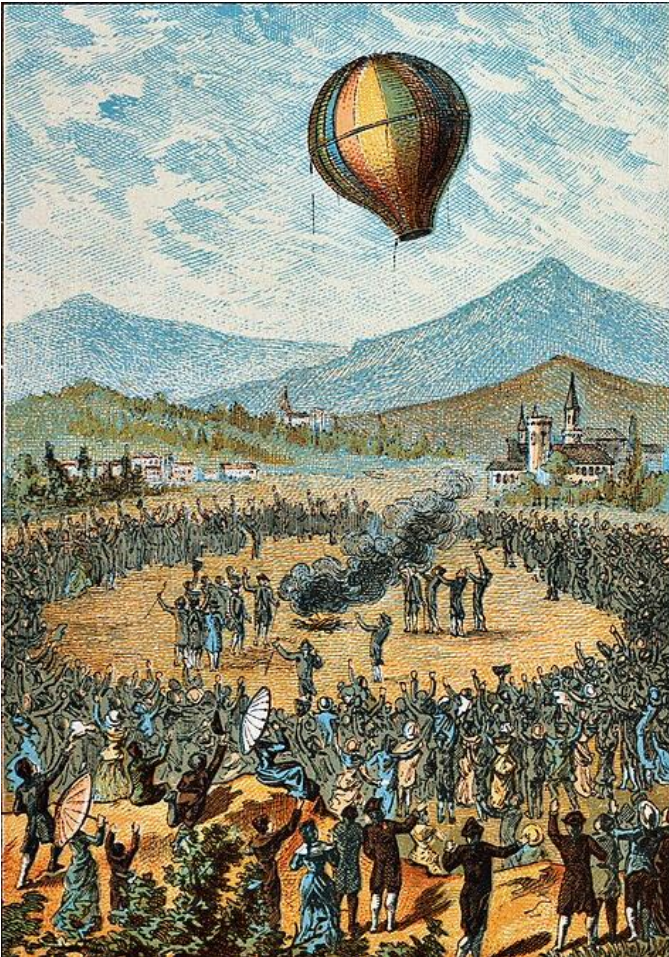
Az ember ősi vágya a repülés

a gravitáció legyőzése



Az ember ősi vágya a repülés

a gravitáció legyőzése



Az ember ősi vágya a repülés

a gravitáció legyőzése



Az ember ősi vágya a repülés

a gravitáció legyőzése



Az ember ősi vágya a repülés

a gravitáció legyőzése



és a lebegés

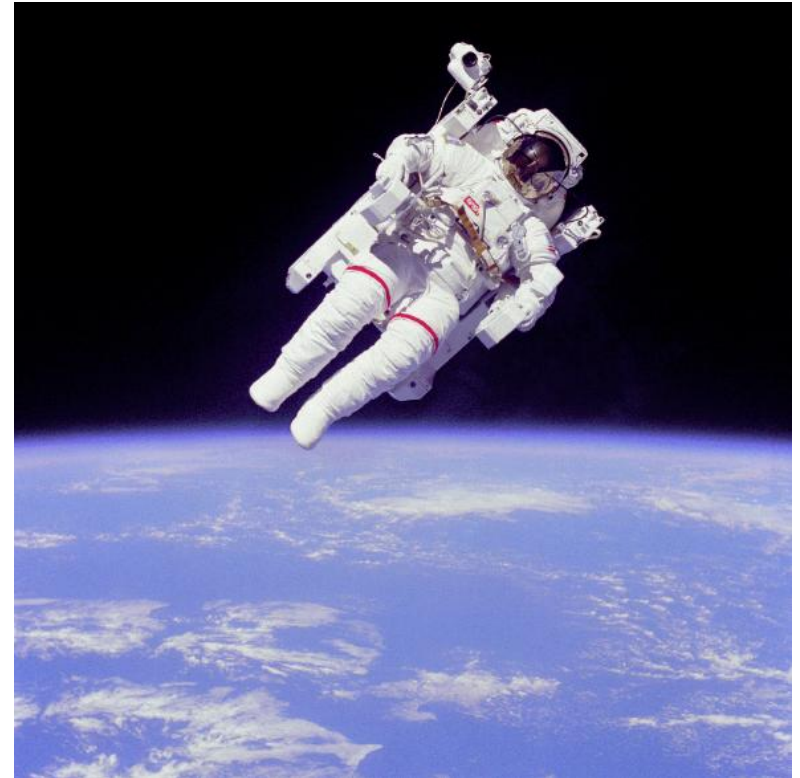


Az ember ősi vágya a repülés

a gravitáció legyőzése



és a lebegés



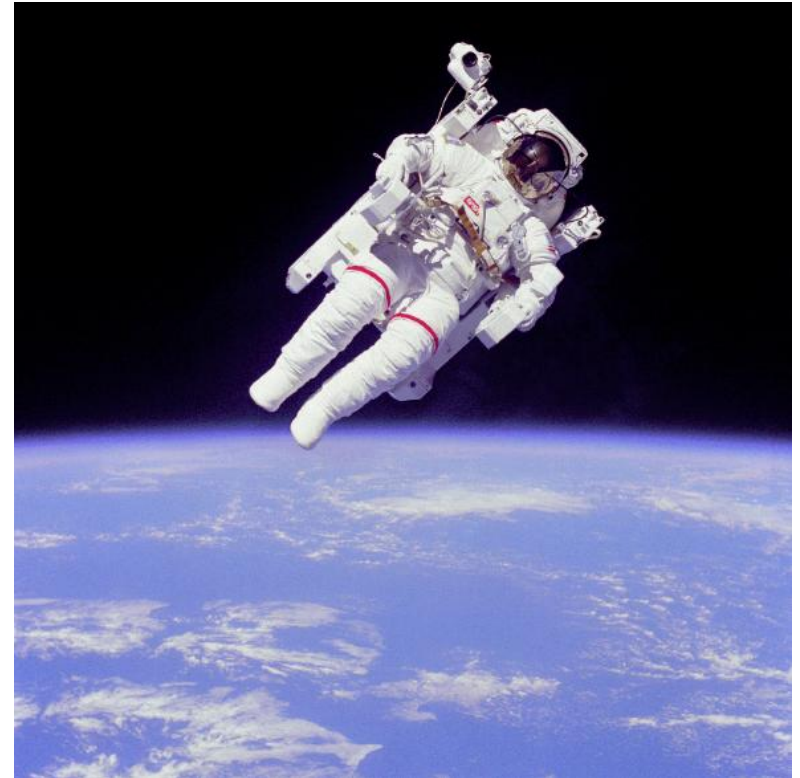
Az ember ősi vágya a repülés

a gravitáció legyőzése



Mindenki másképp csinálja...

és a lebegés



A gravitációt tehát már sokszorosán legyőztük...

De vajon melyik módszer nevezhető igazából

ANTIGRAVITÁCIÓNAK?

A kifejezéshez rejtett hátsó gondolatok, értelmezések tapadnak...

Lássunk néhány élő példát is!

**Tóth Zsolt kísérletei
következnek**



A gravitációt tehát már sokszorosán legyőztük...

De vajon melyik módszer nevezhető igazából

ANTIGRAVITÁCIÓNAK?

A kifejezéshez rejtett hátsó gondolatok, értelmezések tapadnak...

Mi NEM nevezhető antigravitációnak?

- elektromos vagy mágneses lebegés
- rakéta
- motoros repülőgép
- siklórepülő
- súlytalanság az űrhajóban
- feldobott kő
- léghajó

És miért?

extra külső erő

kidobott anyag impulzusa
ezt pótolni kell

a felhajtóerőhöz gyors mozgás kell
üzemanyag?

ez csak lassított zuhanás

folyamatos szabadesés

felfelé repül, de lefelé gyorsul

tulajdonképpen miért is nem?



A léghajó lebegését maga a gravitáció okozza!

a levegő súlya okozza a légnyomást

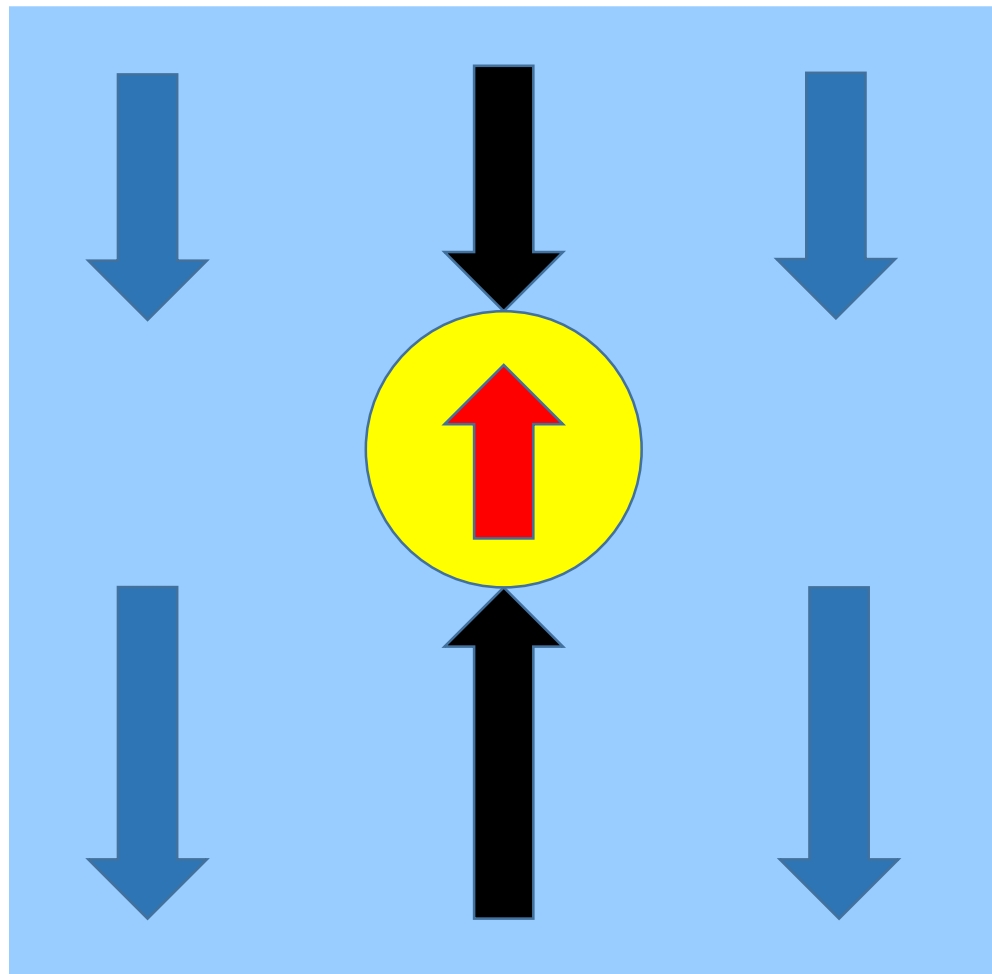
a légnyomás lefelé növekszik

a légnyomás minden irányba hat (Pascal)

egy testel alulról jobban nyom a levegő, mint felülről

a különbség a felhajtóerő (Archimédész)

ez meghaladhatja a test súlyát



ez valódi „antigravitációs” jelenség!

a test sűrűségének változtatásával szabályozható is az iránya sajnos nem változtatható

Hogyan is nézne ki a valódi
antigravitáció?

Figyelem!
AI-hamisítványok!



Látszik, hogy a kék fény az antigravitáció nélkülözhetetlen velejárója...

Hogyan is nézne ki a valódi
antigravitáció?

Figyelem!
AI-hamisítványok!



Látszik, hogy a kék fény az antigravitáció nélkülözhetetlen velejárója...



Hogyan is nézne ki a valódi antigravitáció?



Figyelem! AI-hamisítványok!



Látszik, hogy a kék fény az antigravitáció nélkülözhetetlen velejárója...

Hogyan is nézne ki a valódi
antigravitáció?

Figyelem!
AI-hamisítványok!



Látszik, hogy a kék fény az antigravitáció nélkülözhetetlen velejárója...



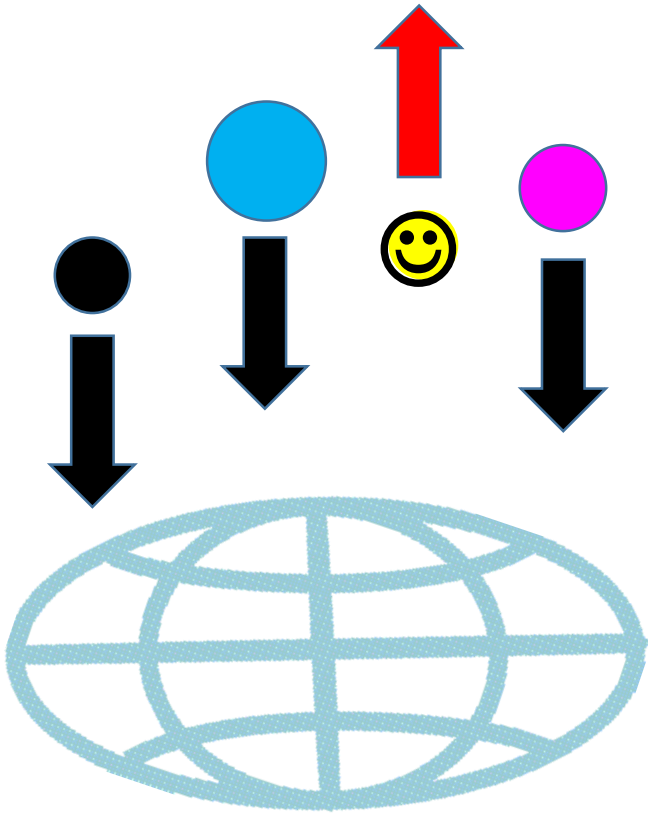
Mit várunk az „igazi” antigravitációtól?

legyen tartós!

ne kelljen külső energiát, más típusú erőt használni

maga a gravitációs hatás „cselezze ki” magát

**a mozgatott test (ember, jármű) a szokásos
iránnyal ellenkező irányba, „felfelé” essen**



Mit várunk az „igazi” antigravitációtól?

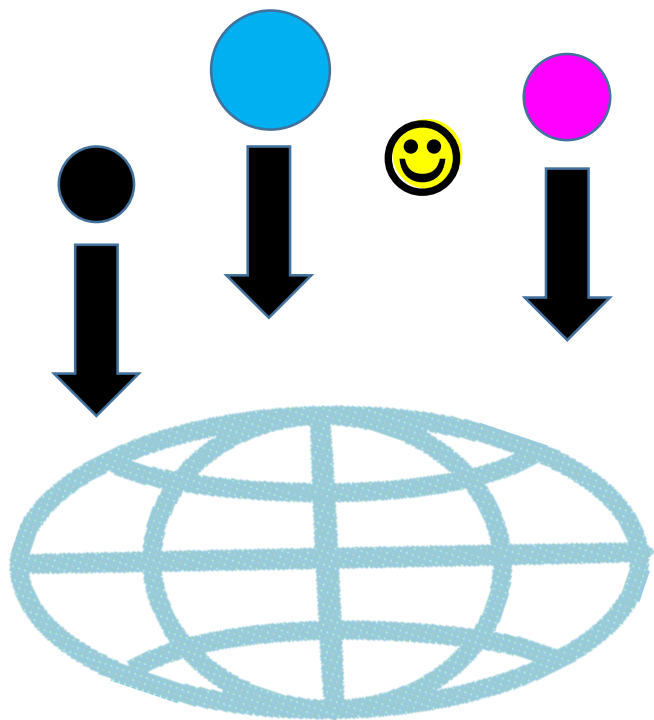
legyen tartós!

ne kelljen külső energiát, más típusú erőt használni

maga a gravitációs hatás „cselezze ki” magát

**a mozgatott test (ember, jármű) a szokásos
iránnyal ellenkező irányba, „felfelé” essen**

a felfelé esést meg lehessen állítani: lebegés



Mit várunk az „igazi” antigravitációtól?

legyen tartós!

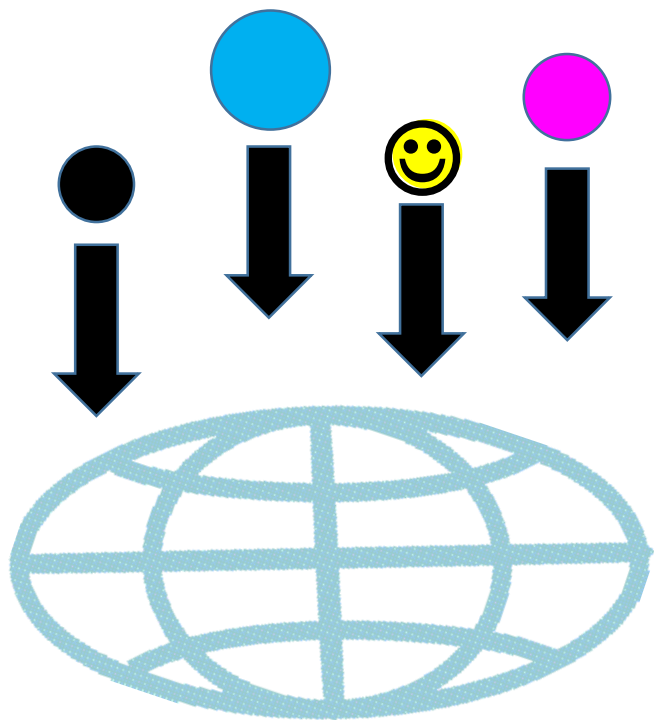
ne kelljen külső energiát, más típusú erőt használni

maga a gravitációs hatás „cselezze ki” magát

**a mozgatott test (ember, jármű) a szokásos
iránnyal ellenkező irányba, „felfelé” essen**

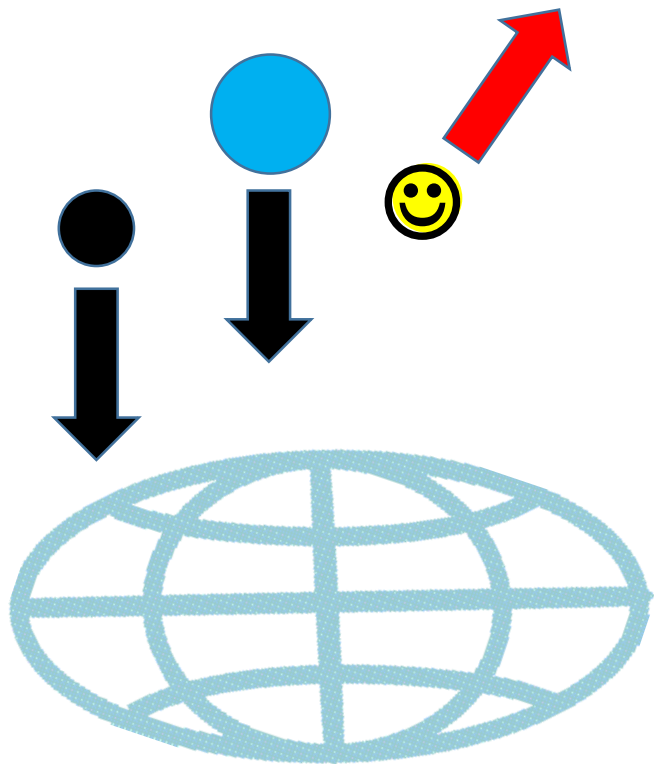
a felfelé esést meg lehessen állítani: lebegés

az antigravitációs hatás kikapcsolható legyen



Mit várunk az „igazi” antigravitációtól?

legyen tartós!



ne kelljen külső energiát, más típusú erőt használni

maga a gravitációs hatás „cselezze ki” magát

**a mozgatott test (ember, jármű) a szokásos
iránnyal ellenkező irányba, „felfelé” essen**

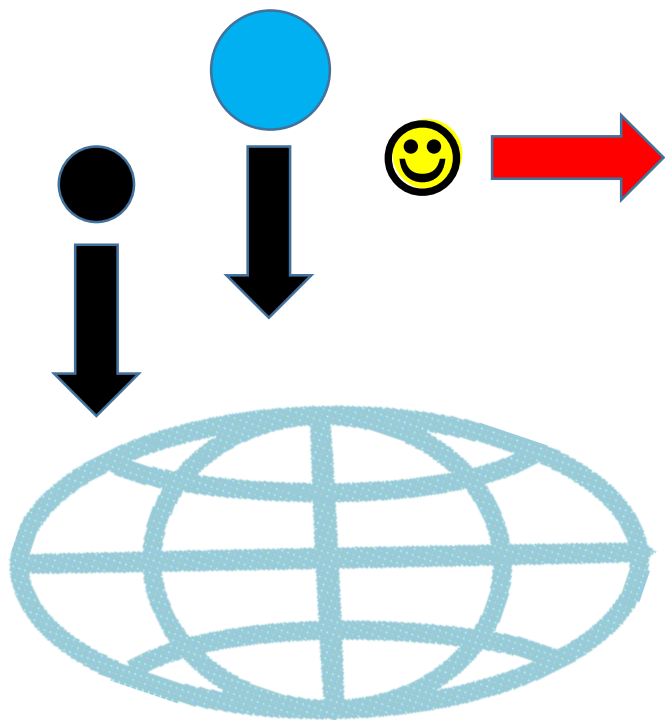
a felfelé esést meg lehessen állítani: lebegés

az antigravitációs hatás kikapcsolható legyen

a mozgás sebessége és nagysága
irányítható legyen

Mit várunk az „igazi” antigravitációtól?

legyen tartós!



ne kelljen külső energiát, más típusú erőt használni

maga a gravitációs hatás „cselezze ki” magát

**a mozgatott test (ember, jármű) a szokásos
iránnyal ellenkező irányba, „felfelé” essen**

a felfelé esést meg lehessen állítani: lebegés

az antigravitációs hatás kikapcsolható legyen

a mozgás sebessége és nagysága
irányítható legyen

az effektus vízszintes meghajtásra is
használható legyen

Mit várunk az „igazi” antigravitációtól?

legyen tartós!

ne kelljen külső energiát, más típusú erőt használni

maga a gravitációs hatás „cselezze ki” magát

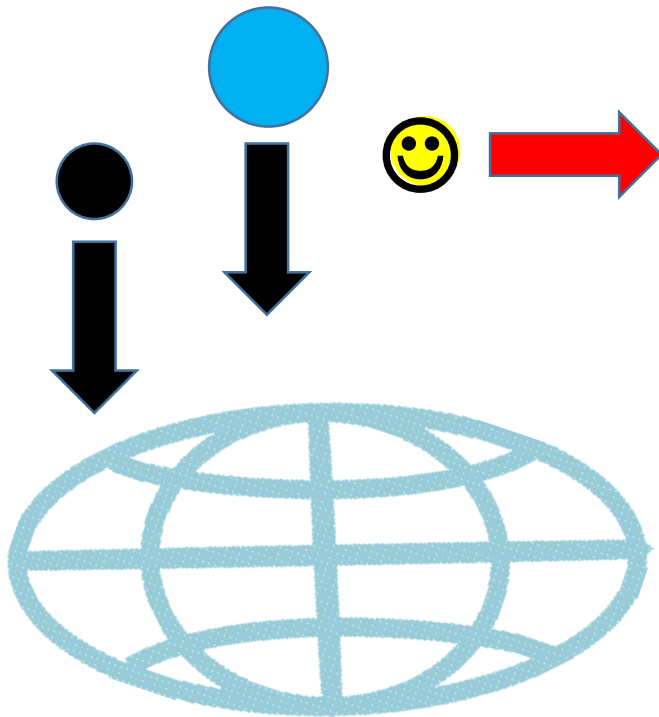
**a mozgatott test (ember, jármű) a szokásos
iránnyal ellenkező irányba, „felfelé” essen**

a felfelé esést meg lehessen állítani: lebegés

az antigravitációs hatás kikapcsolható legyen

a mozgás sebessége és nagysága
irányítható legyen

az effektus vízszintes meghajtásra is
használható legyen

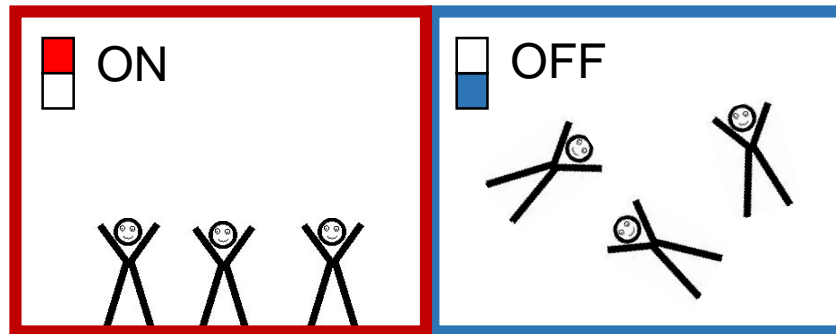


Röviden: a gravitációs hatás IRÁNYÍTÁSÁRA vágyunk!

(ha már az elektromos és mágneses erőtereket tudjuk szabályozni)

A gravitáció szabályozása

(a sci-fikben)



„villanykapcsolóval”

„vitorlázás” a gravitáció árnyékolásával

mozgatható ernyő

anyaga:
gravitációt árnyékoló
„cavorit”

H.G.Wells:
Emberk a Holdban
1901



Mit tudunk a gravitációról?

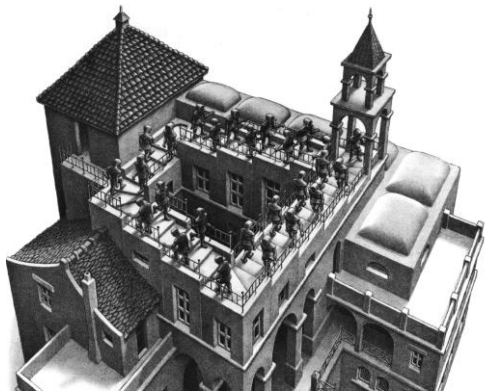
univerzális

árnyékolhatatlan

konzervatív

vonzó (???)

épp ez a mai kérdés!



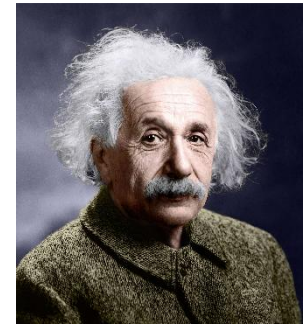
konzervatív

dgy: **Gravitáció és geometria**
Atomcsill, 2014.09.18



Newton 1666

testek közti
távolható erő



Einstein 1915

a téridő
görbülete

nagyon más
elméleti koncepciók

DE

a köznapi életben
elhanyagolhatóan
kis különbség

Vajon
az antigravitációval
kapcsolatban van-e
lényegi különbség
köztük?



Miért nem lehet leárnyékolni a gravitációs erőt?

Miért LEHET leárnyékolni az elektromos erőt?

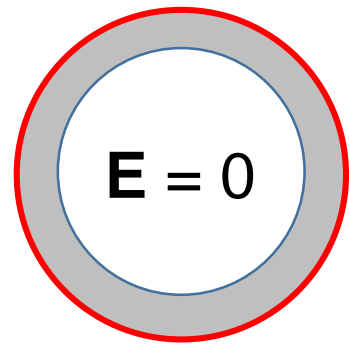
Kétféle elektromos töltés van mivel árnyékolni



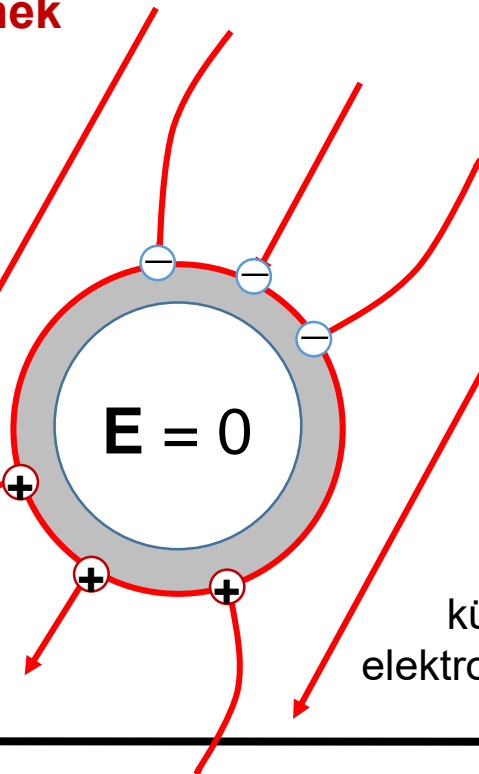
Egyféle (pozitív) „gravitációs töltés” (tömeg)

A fémekben szabadon mozgó töltések vannak

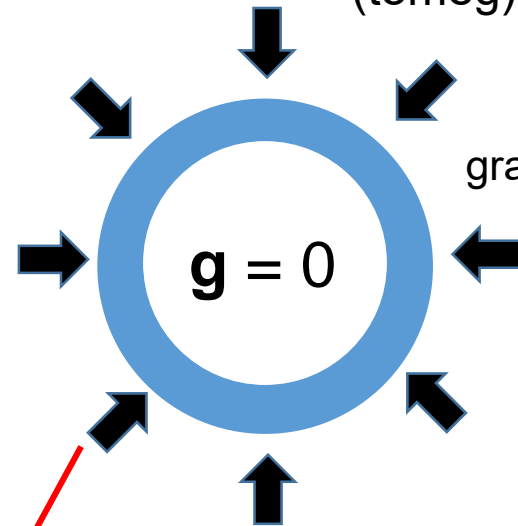
átrendeződnek



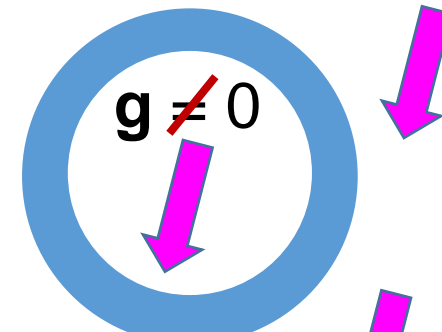
fém gömbhéj



külső elektromos tér



saját gravitációs tér



külső gravitációs tér

Newton mozgástörvénye

tehetetlen tömeg

$$m a = F$$

a környezet által kifejtett erő

Elektromos és gravitációs erőtér

$$m a = F = q E(r)$$

elektromos
csatolási állandó
(elektromos töltés)

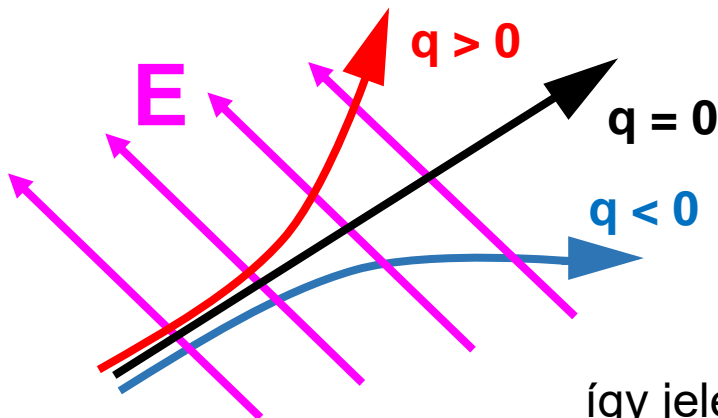
a környezet által meghatározott
elektromos térerősség

$$m a = F = \mu g(r)$$

gravitációs
csatolási állandó
(gravitációs töltés)

a környezet által meghatározott
gravitációs térerősség

q és **m**
a test
független
adatai



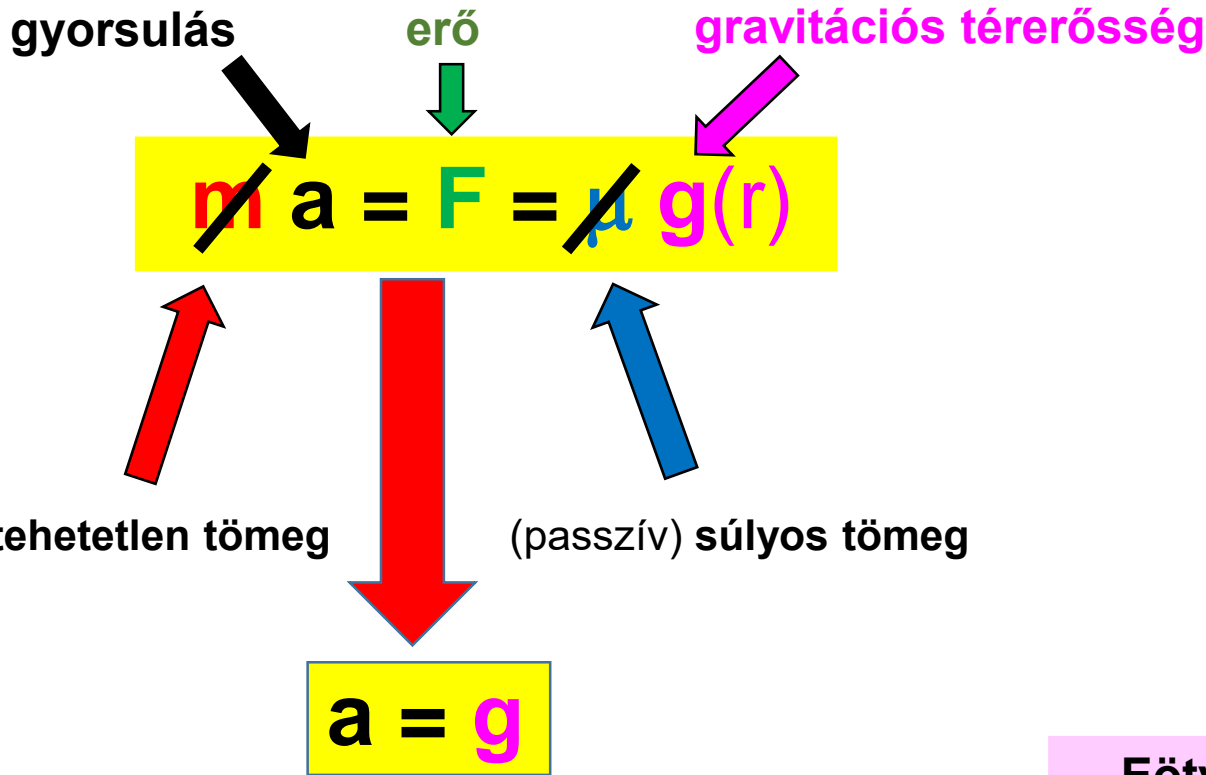
a tapasztalat szerint
 μ és **m**
a test
NEM FÜGGETLEN
adatai

így jelenik meg **a gravitáció univerzalitása**



A gravitáció univerzális voltát már **Newton** kimondta

Newton 2. törvénye:

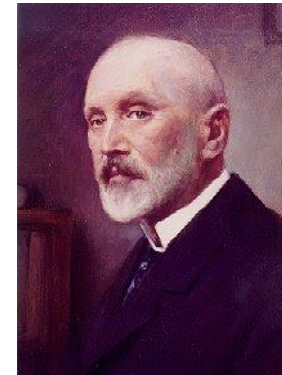


a gravitáció hatására
minden test egyformán gyorsul



Newton
Bessel

$$m = \mu$$



Eötvös Loránd 1890 körül
9 tizedes pontossággal kimérte

sok különböző anyagra



Eötvös méréseiről szóló előadásaink:

Cserti József:
Eötvöstől Einsteinig
Atomcsill, 2014.09.11

Skrapits Lajos:
A gravitációs kút és az inga
Atomcsill, 2010.10.14

Timár Gábor:
Eötvös Loránd és a Föld alakja
Atomcsill, 2010.03.25

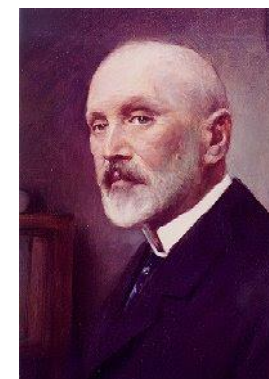
$$a = g$$

a gravitáció hatására
minden test egyformán gyorsul



Newton
Bessel

$$m = \mu$$



**Eötvös Loránd 1890 körül
9 tizedes pontossággal kimérte**

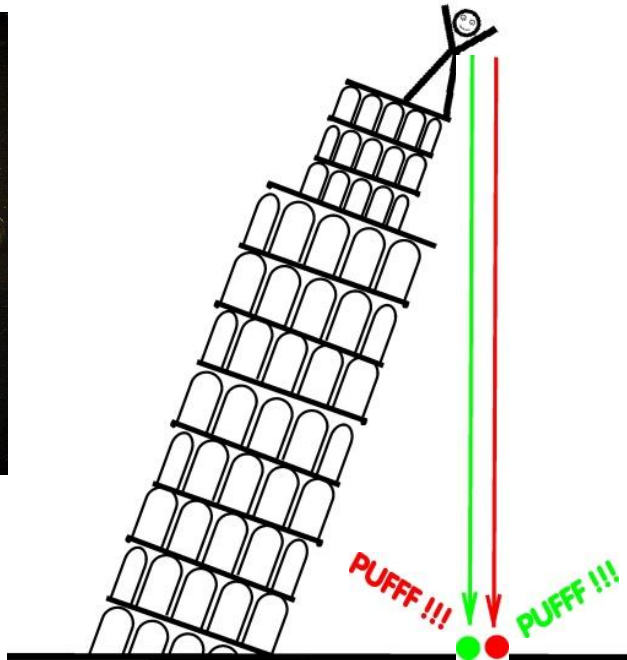
sok különböző anyagra

$$a = g$$

a gravitáció hatására
minden test egyformán gyorsul



Galilei



Rendben, köznapi
anyagokra ez igaz.

De vajon furcsa,
különleges, új
anyagokra is fennáll?

Pl. negatív tömegű
anyagra?

Tömeg nélküli
anyagra (fényre)?

Vagy antianyagra?

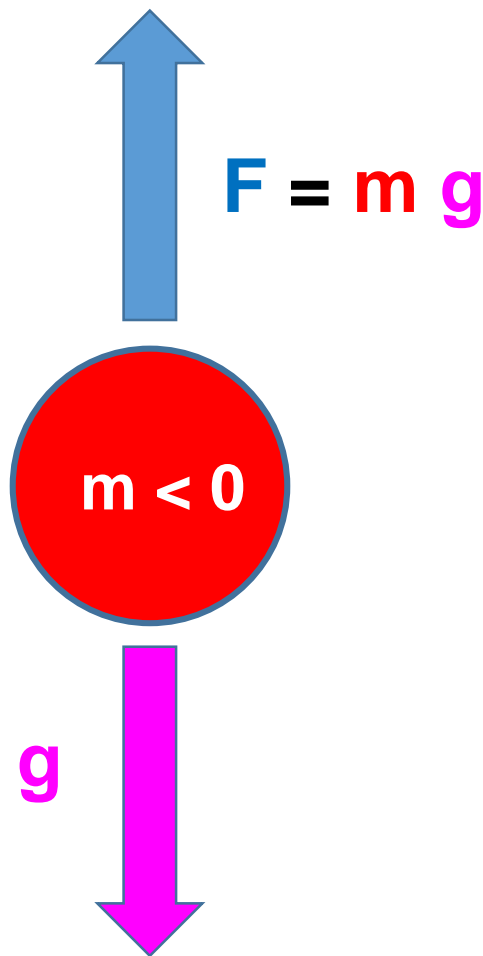
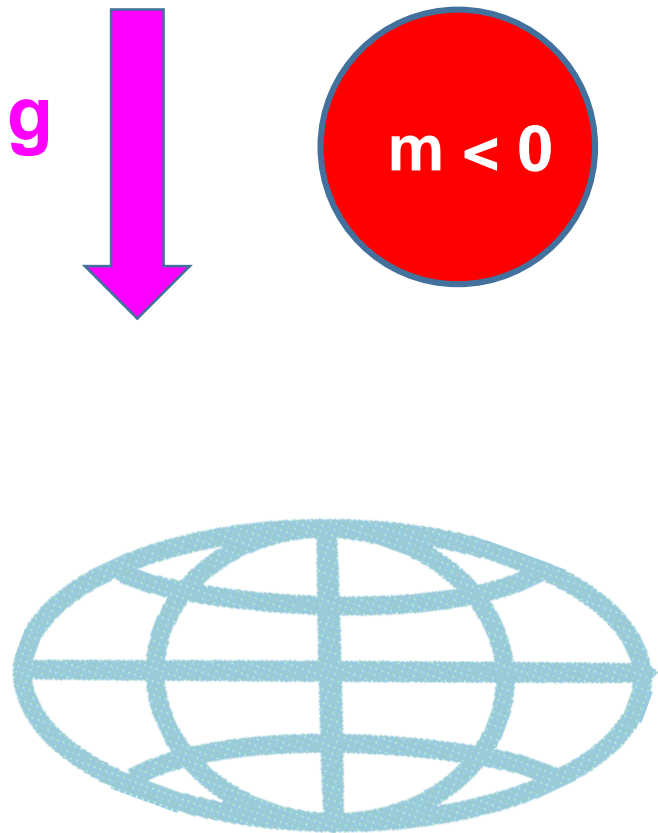
Demonstrációs kísérlet:

Apollo 15, David Scott a Holdon

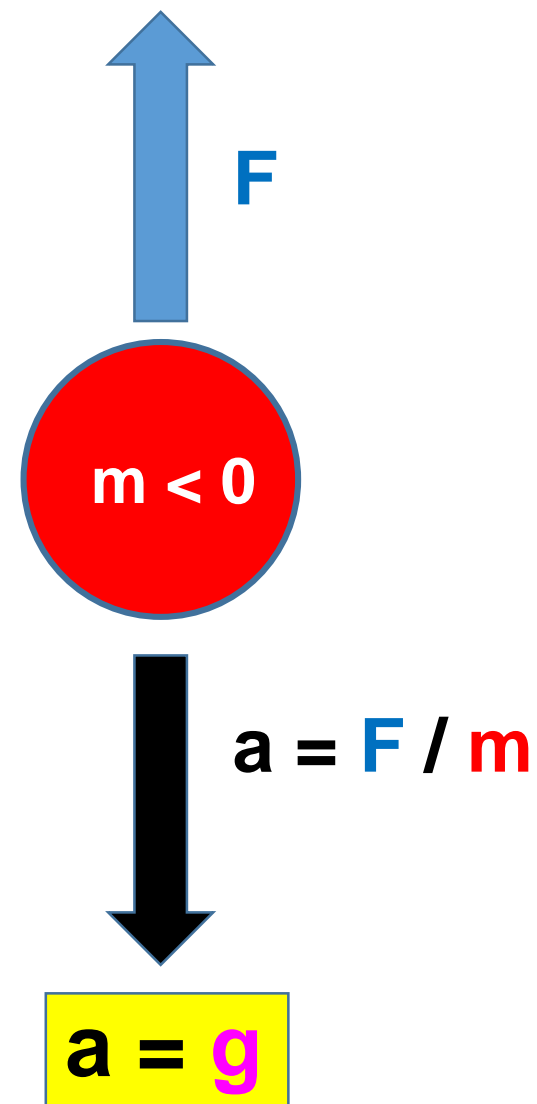
<https://www.youtube.com/watch?v=KDp1tiUsZw8>



(hipotetikus)
negatív tömegű
anyagdarab



**a negatív tömegű
test is lefelé esik!**



A fotonok nyugalmi tömege a részecskefizika szerint nulla.

Vajon hat-e rájuk a gravitáció?

Elméleti válasz az általános relativitáselmélet alapján

A csillagok gravitációja elkanyarítja a fényt Eddington 1919



Közvetlen vizsgálat megfigyeléssel és kísérletekkel

És az antianyag?

Bizonyára **anti**gravitál...

antianyag-ejtési kísérletek a CERN-ben

dgy: **Határtalan (?) Világegyetem**
Atomcsill, 2019.01.17

Sótér Anna: **Mérlegen az antianyag**
Atomcsill, 2015.03.12

dgy: **A sötét anyag nyomában**
Atomcsill, 2016.09.08

Sótér Anna: **Eötvös-kísérlet egzotikus atomokkal**
Atomcsill, 2023.03.23



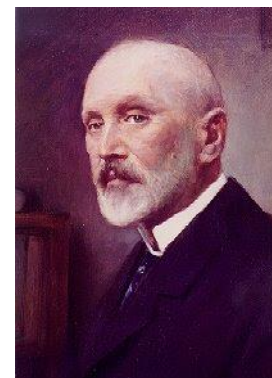
Tudománytörténeti érdekesség

Eötvös Loránd már a fotonok és az antianyag felfedezése előtt megmérte a gravitációs viselkedésüket:

A fotonok és az antianyag ugyanúgy esik a Föld gravitációs terében, mint a közönséges anyag!

A kvantum-elektrodinamika szerint az atomokban **virtuális fotonok** cseréje zajlik a mag és az elektronok között.

A virtuális fotonok kis valószínűséggel **részecske-antirészecske párokat** keltenek.



Egy kg vasban néhány mikrogramm pozitron is jelen van.

Ez az arány anyagfajtától függően változik.

Eötvös mérése (1890) annyira érzékeny volt, hogy kimutatta volna, ha az antianyag **antigravitálna**.

Mi kelti az anyagra ható gravitációt?

A többi anyag!

Newton a gravitációs erő forrásáról:

gyorsulás

erő

gravitációs térerősség

gravitációs
állandó

$$m a = F = \mu g(r)$$

$$= \mu \frac{\gamma M}{r^2}$$

távolság

aktív súlyos tömeg

ez kelti a
gravitációs hatást

tehetetlen tömeg

passzív súlyos tömeg

ez szenved el a
gravitációs hatást

$$a = g$$

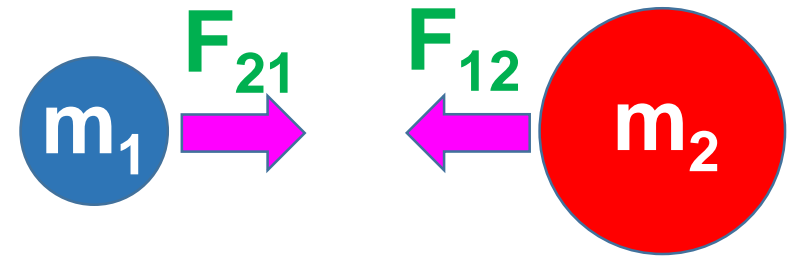
a gravitáció hatására
minden test egyformán gyorsul

a newtoni fizikában
egy adott testre
a háromféle tömeg
egyenlő

$$m = \mu = M$$



Miért **egyenlő** egymással
a klasszikus fizikában
a passzív és az aktív
gravitációs tömeg?



$$m_1 a_1 = F_{21} = \mu_1 g_{21}(r)$$

$$= \mu_1 \frac{\gamma M_2}{r^2}$$

$$m_2 a_2 = F_{12} = \mu_2 g_{12}(r)$$

$$= \mu_2 \frac{\gamma M_1}{r^2}$$

Newton harmadik törvénye (**akció–reakció**) szerint

$$F_{21} = F_{12}$$

Ezért $\mu_1 M_2 = \mu_2 M_1$

Ez **minden testre**
csak akkor lehet igaz, ha

$$\mu_1 = M_1$$

és

$$\mu_2 = M_2$$

Newton harmadik törvénye (akció–reakció) szerint

$$F_{21} = F_{12}$$

Ez minden testre csak akkor lehet igaz, ha

$$\mu_1 = M_1$$

és

$$\mu_2 = M_2$$

a newtoni fizikában ezért egy adott testre a háromféle tömeg egyenlő

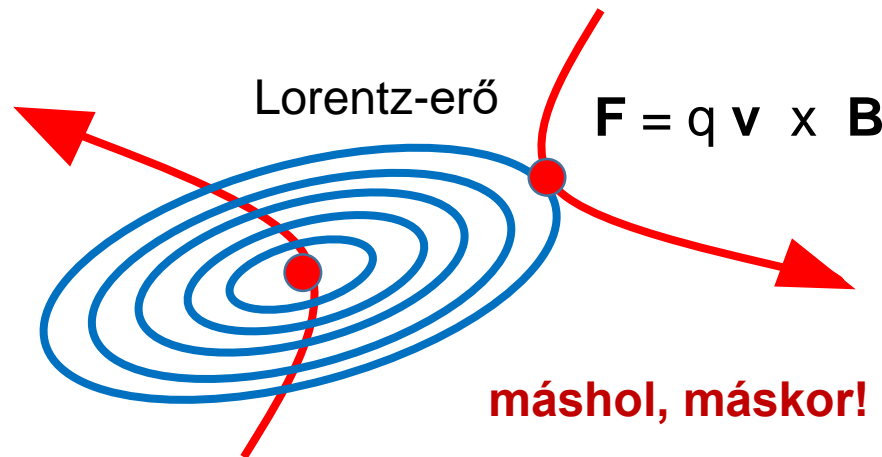
$$m = \mu = M$$

De a speciális relativitáselméletben **NEM ÉRVÉNYES** Newton harmadik törvénye!

– mert nincs azonnali, pillanatnyi távolhatás és abszolút egyidejűség

A távoli kölcsönhatást **erőterek** közvetítik, **véges sebességgel, késleltetve.**

Ez már a **klasszikus elektrodinamikában** is így van:



egyik töltött részecske



mező



másik töltött részecske

A speciális relativitáselméletben
NEM ÉRVÉNYES Newton harmadik törvénye



az általános relativitáselméletben sem!

Tehát **elválhat egymástól** a **passzív** és az **aktív** gravitációs tömeg fogalma

Viszont a tehetetlen és a passzív
gravitációs tömeg továbbra is megegyezik

$$m = \mu = M$$

(ezt mérte ki Eötvös, és ez volt Einstein kiinduló hipotézise)

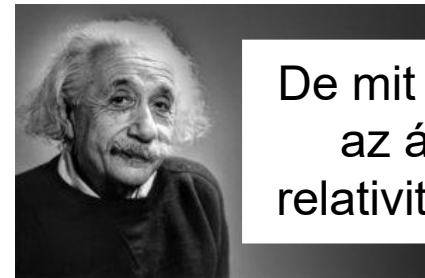
De a helyzet még cifrább: **az aktív gravitációs tömeg fogalma megszűnik:**

További bonyodalom: az általános
relativitáselméletben nem létezik a
pontszerű részecske
klasszikus fogalma

a gravitációt NEM A TÖMEG kelti!

Véges tömeg végtelen kis helyen
fekete lyukká omlana össze!

Ezért **folytonos eloszlású anyaggal**,
és a rá jellemző mennyiségekkel kell
számolnunk



De mit mond erről
az általános
relativitáselmélet?

Ez a newtoni fizikában is megtehető:
 ekkor a gravitáció forrása nem a
 pontszerű test tömege,
 hanem a folytonos eloszlású anyag
 ρ **tömegsűrűsége.**

Ezért **folytonos eloszlású anyaggal**,
 és a rá jellemző mennyiségekkel kell
 számolnunk

Ez **tíz** mennyiség:

**Az általános
 relativitáselméletben a
 gravitáció forrása az anyag
 energiaimpulzus-tenzora**

$\mathcal{E} = \rho c^2$ energiasűrűség

\mathbf{S} az energiaáramlás sűrűsége
 (Poynting-vektor)

p_1 x irányú nyomás (nyomó-
 vagy húzófeszültség) stb

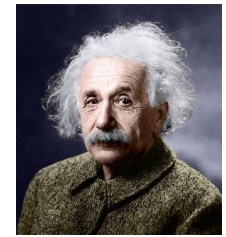
σ_{12} a nyírófeszültség
 komponensei

$T =$

\mathcal{E}	S_1	S_2	S_3
S_1	p_1	σ_{12}	σ_{13}
S_2	σ_{12}	p_2	σ_{23}
S_3	σ_{13}	σ_{23}	p_3

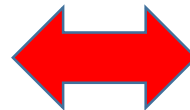


Newtonnál a gravitáció forrása
egyetlen fizikai mennyiség:
 a **tömeg** (folytonos anyag
 esetén a tömegsűrűség)



Einstennél a gravitáció forrása
tíz fizikai mennyiség:
 az energiainpulzus-tenzor
 komponensei

egy kiló az mindig egy kiló
 egyforma a gravitációs hatása



ezek anyagfajtként más-más
 kapcsolatban állhatnak egymással

a különböző anyagfajták
 nagy változatosságú
 görbült téridőket hozhatnak létre

értelmes a kérdés:
 hol „**erősebb**” a gravitáció



nem létezik olyan, hogy „erősebb”
 vagy „gyengébb” gravitáció:
MÁS gravitációs hatás van

az általános relativitáselmélet
 nemcsak bonyolultabb,
 hanem **sokkal gazdagabb**
 gravitációelmélet,
 mint a newtoni!

SOKFÉLE,
 lineáris sorba nem rendezhető
 gravitációs konfiguráció létezhet

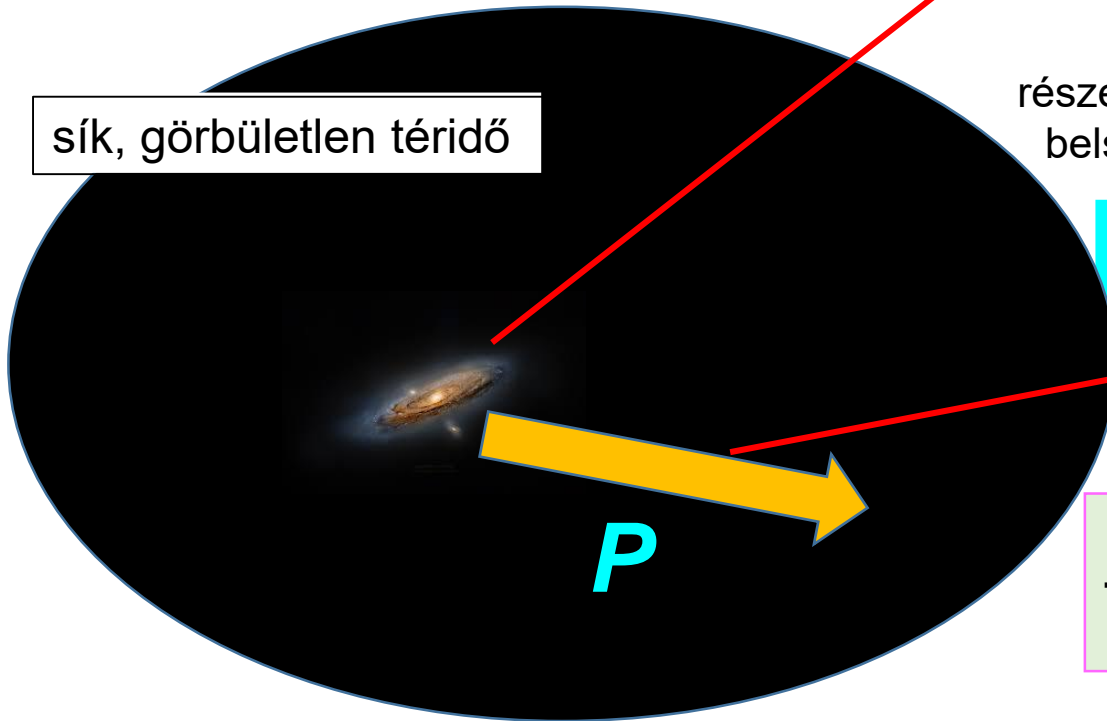
**Vajon van-e köztük
 antigravitációs jellegű?**



Ha nem létezik pontrészcseke, akkor mire használhatjuk a **tömeg** fogalmát?

A pontszerű részecske **közelítő fogalom**

sík, görbületlen téridő



Röviden: **minek van tömege?**

Összetett, szigetszerű véges anyagi rendszernek, üres környezetben

(elemi részecske, galaxis)

részecskék, gázok, csillagok, erőterek, saját belső gravitációs tér, azaz téridő-görbület

A rendszer kifele egy **ÁLLANDÓ négyesimpulzus-vektorral** jellemezhető

$$P = (E, \mathbf{p})$$

Ennek abszolút értéke a rendszer **tömege**: $m^2 = E^2 - \mathbf{p}^2$

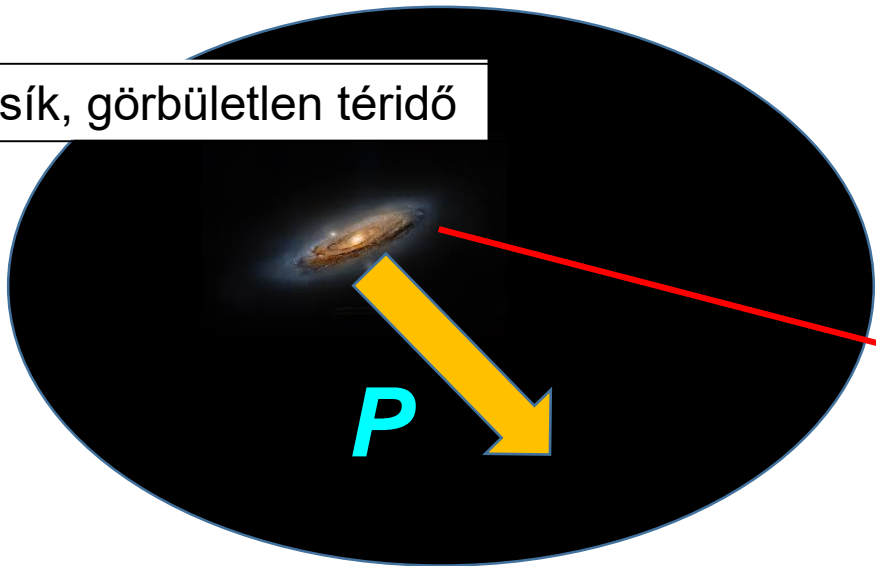
Ez a tömeg felel a rendszer dinamikai és távoli gravitációs viselkedéséért is.

Így nyilvánul meg a tehetetlen és a súlyos tömeg azonossága

dgy: A tömeg eredete és a Higgs-mező
Atomcsill, 2012.09.13



sík, görbületlen téridő



Minek van tömege?

Összetett, szigetszerű véges anyagi rendszernek, üres környezetben

Minek NINCS tömege?

A környezetétől NEM elszigetelt anyagdarabnak, **egy nagyobb rendszer kiválasztott részének**

Ilyenkor az energiainpulzus-tenzor helyfüggő mennyiségeivel kell számolni

(a Duna áradását sem az össztömeggel jellemezzük)



enyhén görbülő téridő



Összetett, szigetszerű véges anyagi rendszer, **nem teljesen** sík téridőben (távoli objektumok gyenge hatása görbíti a téridőt)

Ekkor a **P** négyesimpulzus nem állandó, lassan változik

Legyen **u** a **P** irányú egységvektor (négyessebesség, a téridő-beli mozgás iránya)

a mozgásegyenlet (ijesztésül):

Az **m** tömeg fogalma képviseli a rendszer belső tulajdonságait

De a mozgásegyenletből **m** kiesik!

Ugyanabban a külső környezetben **MINDEN** objektum egyformán gyorsul:

SZABADESÉS

Emlékezzünk: ~~m~~ **a** = **F** = ~~μ~~ **g(r)**

$$\cancel{m} \left(\frac{d u^k}{d \tau} + \Gamma^k_{lm} u^l u^m \right) = 0$$

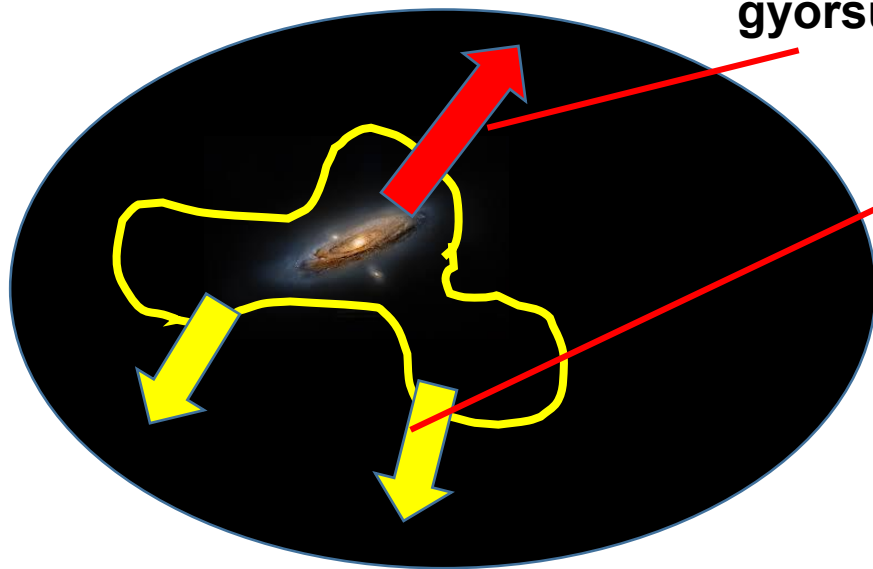
A gravitáció univerzalitása az általános relativitáselméletben is érvényesül (amennyiben van értelme egyedi objektumról beszélni).

Ugyanazt kaptuk, mint Newtonnál, csak sokkal bonyolultabb matekkal...



A számolás során fel kell használni, hogy **a vizsgált rendszeren kívül, egy zárt felületen nincs anyag**, az energiaimpulzus-tenzor ott nulla

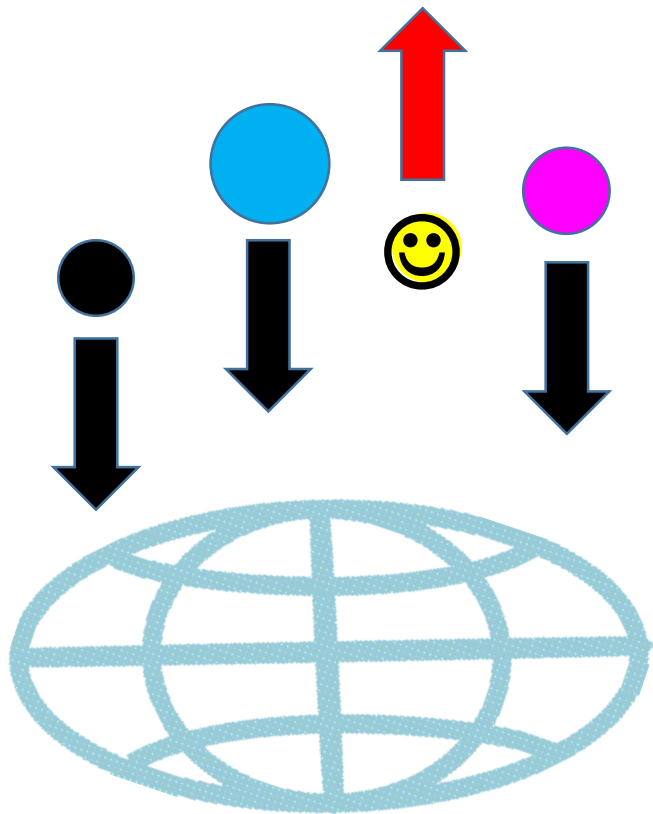
Ha ezt a feltételt megszegjük, akkor a test a szabadeséshez képest **gyorsulni fog!**



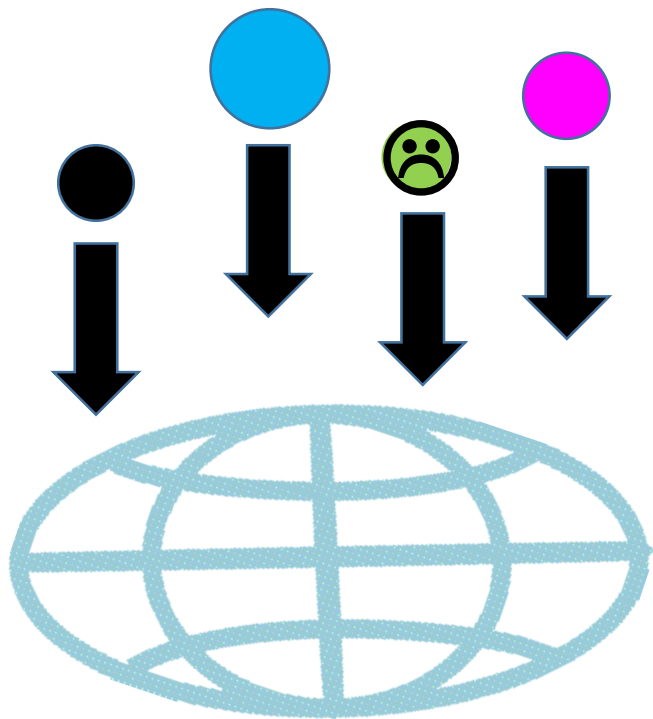
gyorsulás

energiaáramlás
a felületen át a környezetbe

Ez sajnos **nem antigravitáció**, hanem feltaláltuk a **RAKÉTÁT...**



Ezt a vágyott
antigravitációs
konfigurációt tehát
**az általános
relativitáselmélet sem
engedi meg.**



Ezt a vágyott
antigravitációs
konfigurációt tehát
**az általános
relativitáselmélet sem
engedi meg.**

Ennek nem örülünk.

Van-e még remény?

Emlékezzünk: az aktív gravitációs tömeg helyébe **tíz fizikai mennyiség** lépett:

Nyugvó anyag esetén $S=0$:

Izotróp anyag esetén $\sigma_{kl} = 0$:

Ekkor csak **az energiasűrűség és a nyomás** görbíti a téridőt

$$\mathcal{E} = \rho c^2$$

ρ a tömegsűrűség –
ezt már Newton is tudta

De miért nem vette észre Newton a nyomás gravitációs hatását?

$T =$

\mathcal{E}	S_1	S_2	S_3
S_1	ρ_1	σ_{12}	σ_{13}
S_2	σ_{12}	ρ_2	σ_{23}
S_3	σ_{13}	σ_{23}	ρ_3

$T =$

\mathcal{E}	0	0	0
0	p	0	0
0	0	p	0
0	0	0	p

De miért nem vette észre Newton a nyomás gravitációs hatását?

a víz sűrűsége: $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$

a fénysebesség: $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

ezért a víz energiasűrűsége :

$$\varepsilon = 10^3 \text{ kg/m}^3 \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})^2 = 10^{20} \text{ J/m}^3 = \mathbf{10^{20} \text{ Pa}}$$

a földi légnyomás: $p = 1000 \text{ hPa} = \mathbf{10^5 \text{ Pa}}$

A különbség 15 nagyságrend.

Normál földi körülmények között a nyomás térgörbítő hatása észrevehetetlen az anyagok tömegsűrűsége mellett.

De hátha vannak a Világegyetemben olyan anyagok és olyan körülmények, amelyek esetén a nyomás gravitációs hatása nem hanyagolható el?



De hátha vannak a Világegyetemben olyan anyagok és olyan körülmények, amelyek esetén a nyomás gravitációs hatása nem hanyagolható el?

Létezik ilyen: például **a Higgs-mező!**

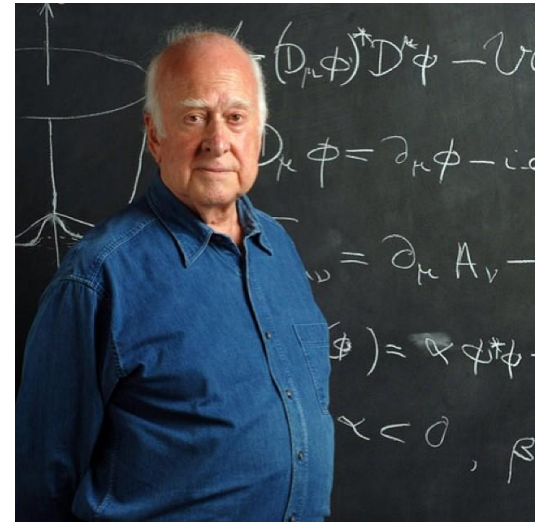
A Higgs-részecske
előrejelzése: 1964
felfedezése: 2012
Nobel-díj: 2013

A tömeggenerálás mechanizmusáról:

dgy: **A tömeg eredete és a Higgs-mező**
Atomcsill, 2012.09.13

A skalármező kozmológiai szerepéről:

dgy: **Az Élet, a Világegyetem
meg Minden – 2. rész**
Atomcsill, 2024.11.05



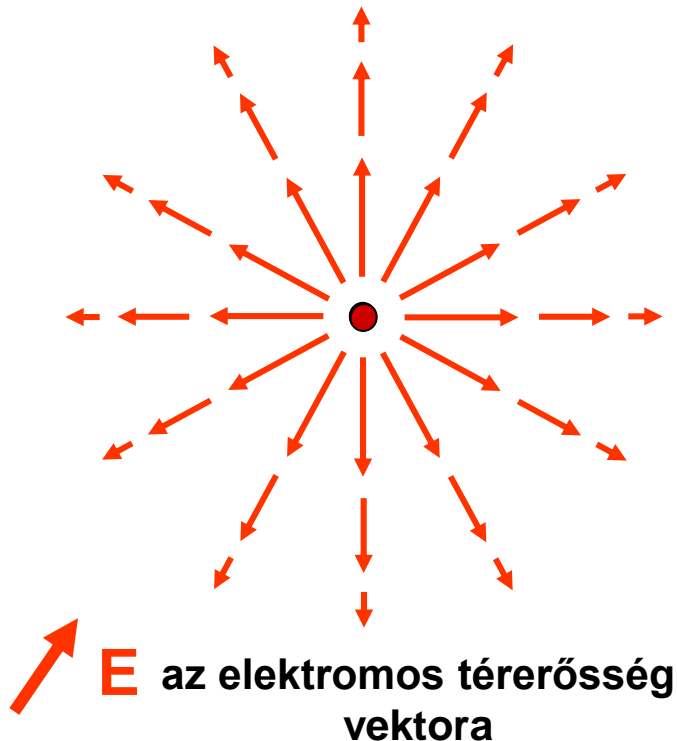
Peter Higgs
1929–2024

Kitérő: mi az a **MEZŐ**?

fizikai mező: folytonos eloszlású anyag

matematikai mező: a tér pontjaihoz rendelt mennyiségek

Példák: **elektromos mező**
egy töltés körül



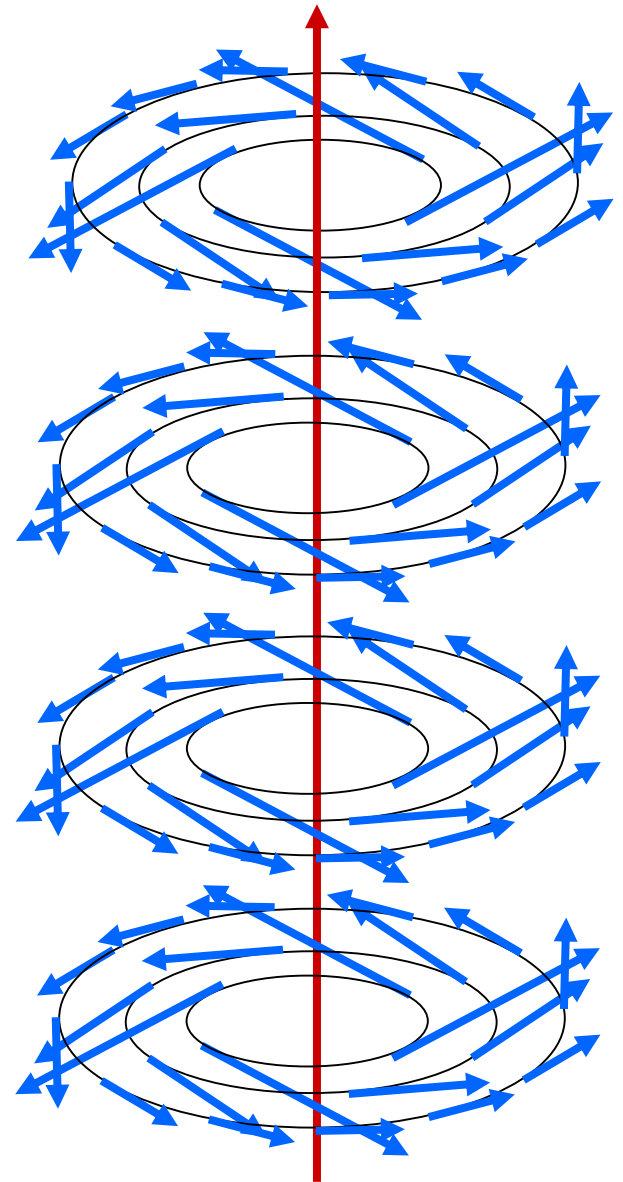
mágneses mező
egy áramjárta
drót körül



a mágneses
térerősség
vektora

a tér minden
pontjában
van egy
vektor

ez a
VEKTORMEZŐ



Magyarország animált szélterképe

Frissítés - 2012.09.13 01:20

(C) 2004-2012, Időkép.hu



ez is vektormező:

minden pontban egy
szélesség-vektor

minden pontban egy
hőmérséklet-érték:
egyetlen számadat
(SKALÁR)

ez a **SKALÁRMEZŐ**

Magyarország domborzati hőterképe 15°C

Az Időkép vizualizációja

Frissítés: 2012. szeptember 13. 1:15

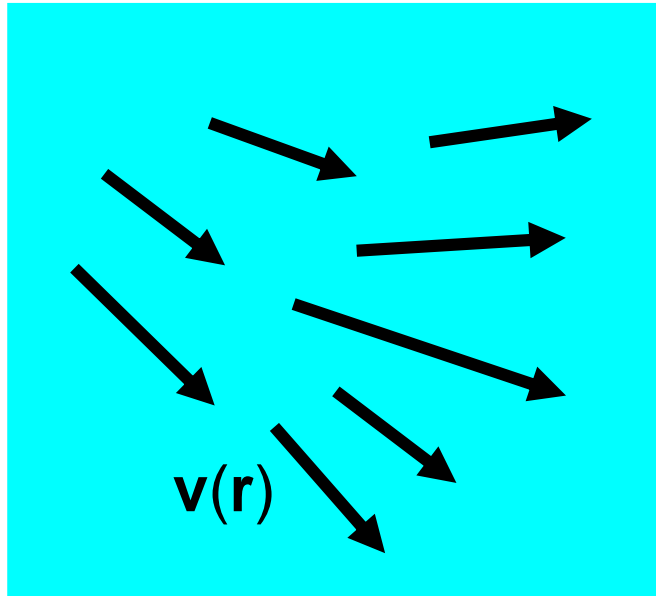


köszönet az ábrákért az Időképnek



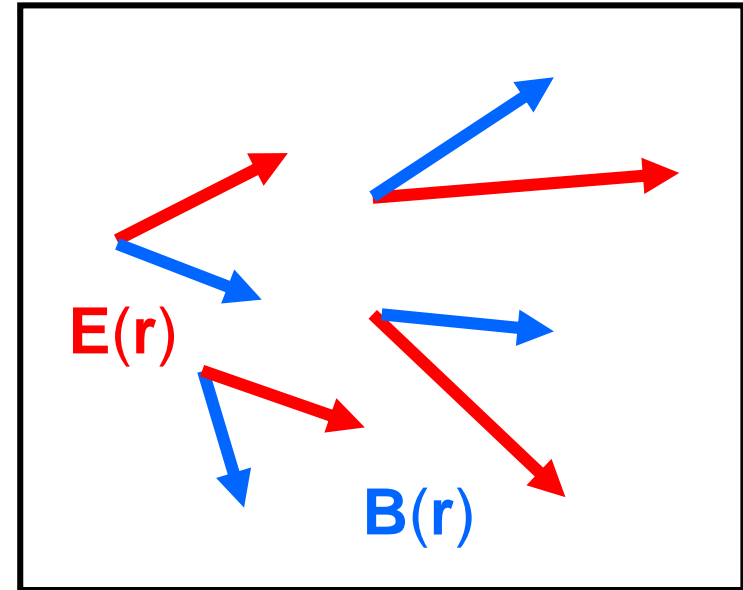
Mezők mint fizikai mennyiségek és mint anyagfajták

vízáramlás



Az áramlás $v(\mathbf{r})$ sebességmezeje **a víz nevű anyag** egyik fizikai tulajdonságának (sebességének) térbeli eloszlását írja le.

elektromágnesség



Az elektrodinamikában az $E(\mathbf{r})$ elektromos mező és a $B(\mathbf{r})$ mágneses mező maguk képviselik az **„elektromágneses mező”** nevű anyagfajtaát.

A klasszikus fizikában

Az elektromágneses mező

egy olyan fizikai mező,
azaz folytonos eloszlású
(nem atomos) anyag,

amely két (matematikai)
vektormezővel
jellemezhető:

az **E** és **B** vektorokat kell
megadnunk
a tér minden pontjában,
minden időpillanatban

A Higgs-mező

egy olyan fizikai mező,
azaz folytonos eloszlású
(nem atomos) anyag,

amely egy (matematikai)
skalármezővel
jellemezhető:

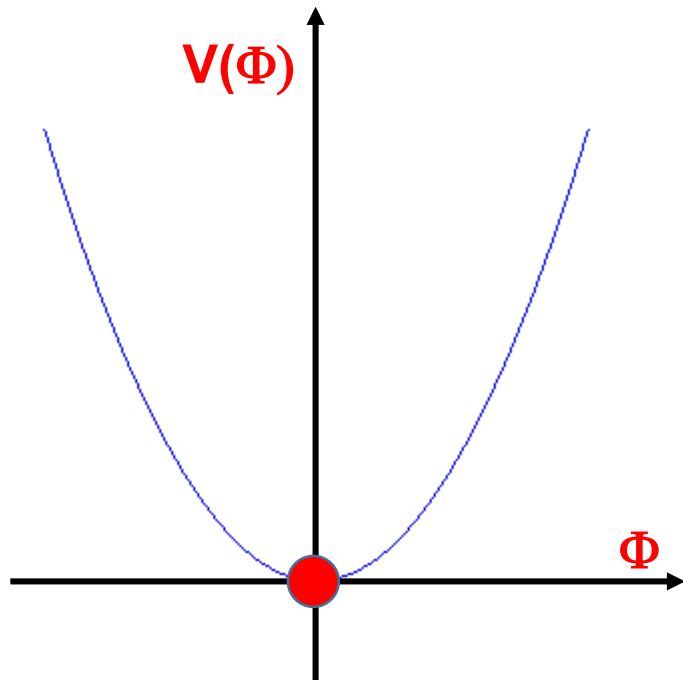
a **H** „Higgs-potenciál” értékét
kell megadnunk
a tér minden pontjában,
minden időpillanatban

A kvantumfizikában

a mezők **kvantumaik** (az elemi részecskék) egymásba alakulásával,
kibocsátásával, elnyelésével, energia-, impulzus-, perdület-, töltéscseréjével
hatnak kölcsön.

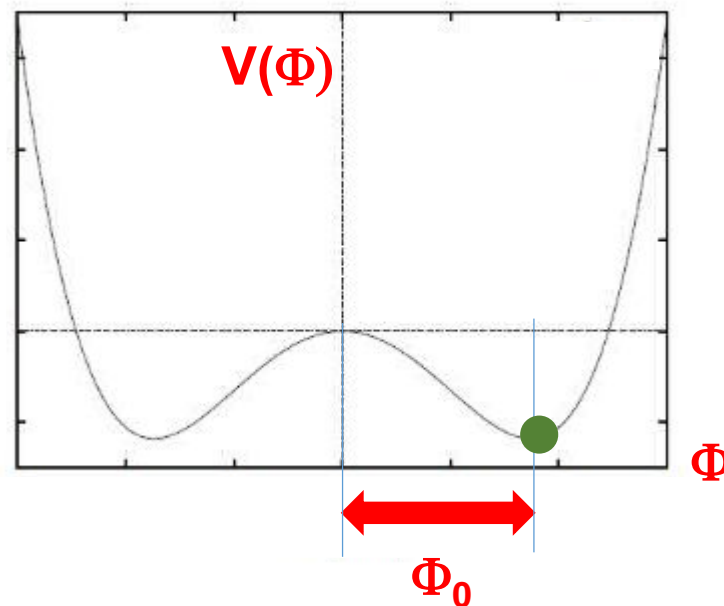
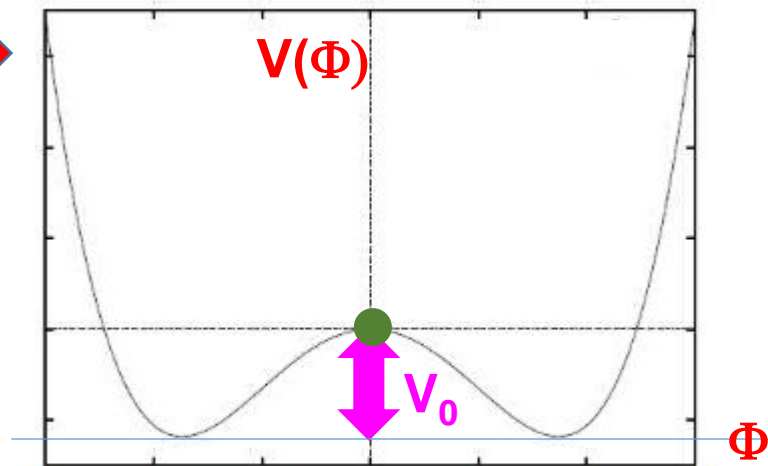


A Higgs- féle skalármező önkölcsönhatási energiája



Szokásos energiagörbe:

az **alapállapotban** $\Phi = V(\Phi) = 0$

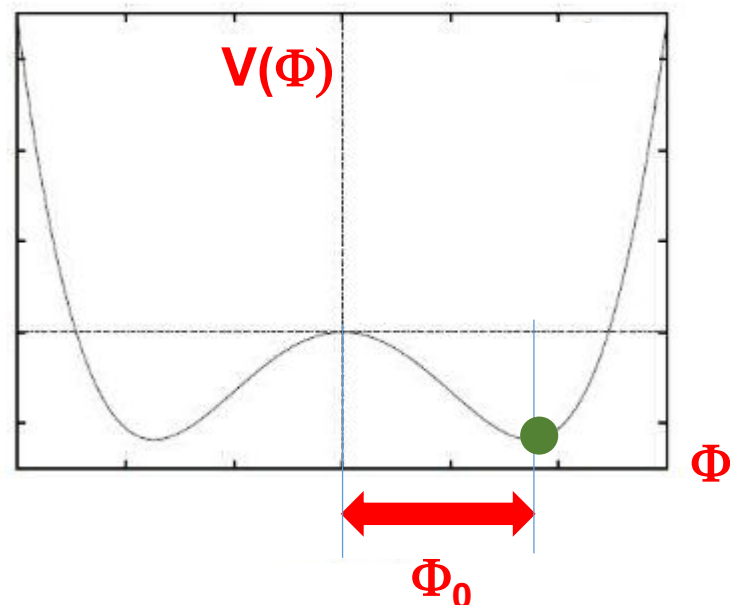
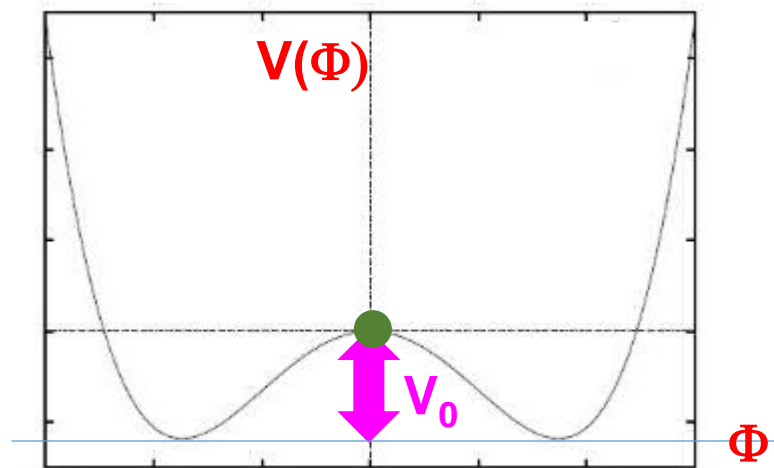


A Higgs- féle skalármező önkölcsönhatási energiája

Amikor a Φ mező értéke 0, akkor energiasűrűsége V_0

Amikor a mező a legkisebb energiájú alapállapotban van, akkor a mező értéke $+\Phi_0$ vagy $-\Phi_0$

Két alapállapot van: ez a jelenség a **spontán szimmetriasértés**.

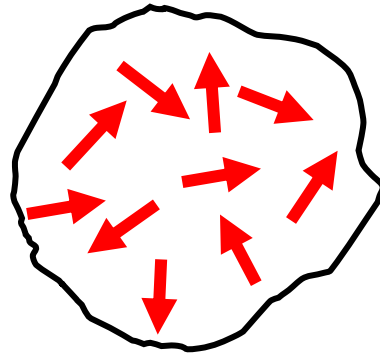


Spontán szimmetriasértés

példa: **Elemi mágnesek a vasban**
kölsönhatás, vonzóerő

nagy
hőmérsékleten

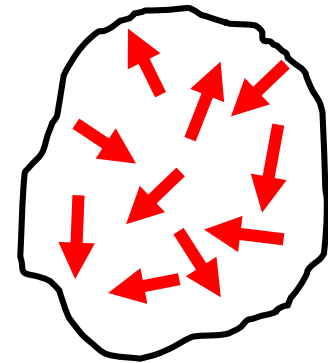
a hőmozgás
megakadályozza
a rendeződést



eredő mágnesezettség: $\mathbf{M} = \mathbf{0}$



forgatás

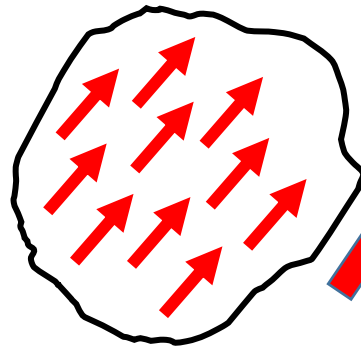


eredő mágnesezettség: $\mathbf{M} = \mathbf{0}$

a rendszer forgásszimmetrikus

alacsony
hőmérsékleten
(a Curie-pont alatt)

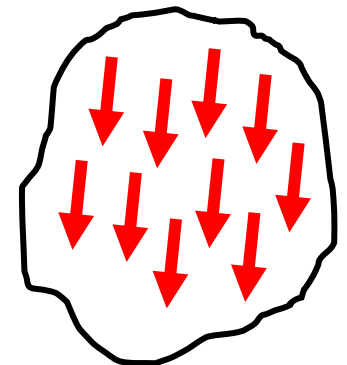
a vonzóerő kialakítja
a rendeződést



eredő mágnesezettség: $\mathbf{M} \neq \mathbf{0}$



forgatás



eredő mágnesezettség: $\mathbf{M}' \neq \mathbf{0}$

$\mathbf{M} \neq \mathbf{M}'$

a rendeződés megszünteti a forgásszimmetriát

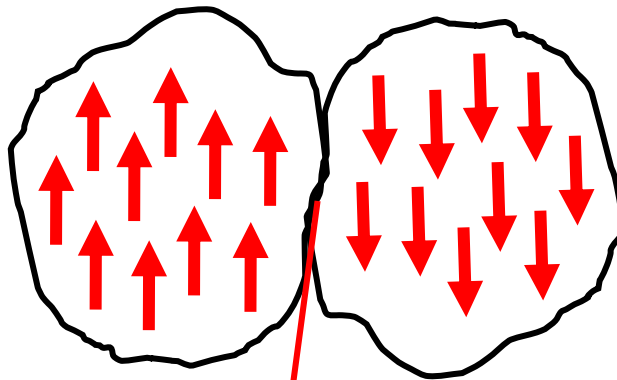


Tartományok (domének) határa

a két tartomány külön kezdett rendeződni

növekedtek

összeértek



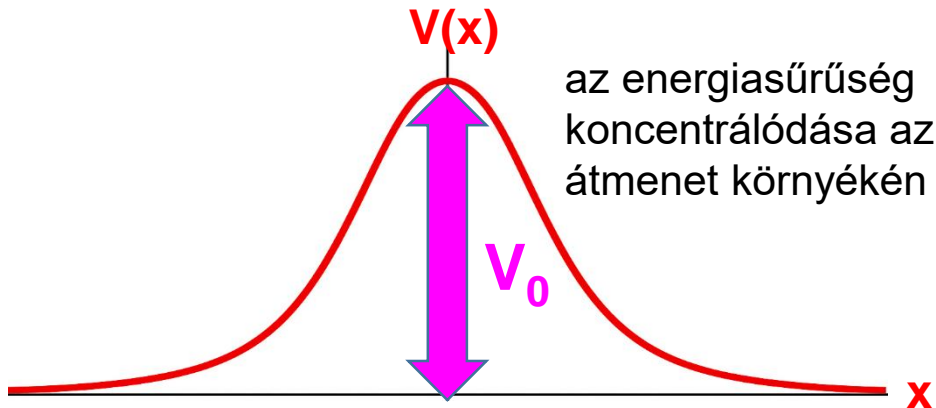
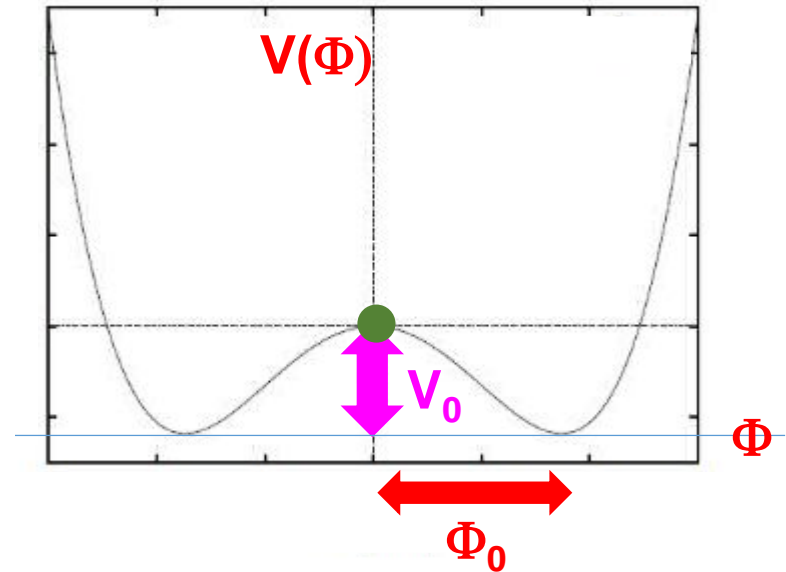
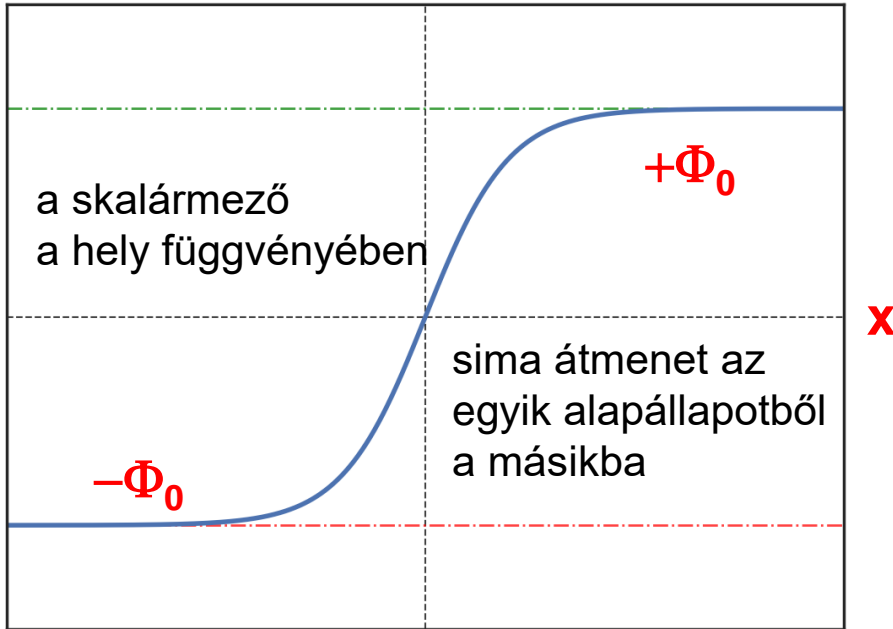
doménfal

a falnál nincs alapállapot:
a szomszéd elemi mágnesek
nem párhuzamosak

energiakonzentráció:

Doménfal skalármezőben

Φ

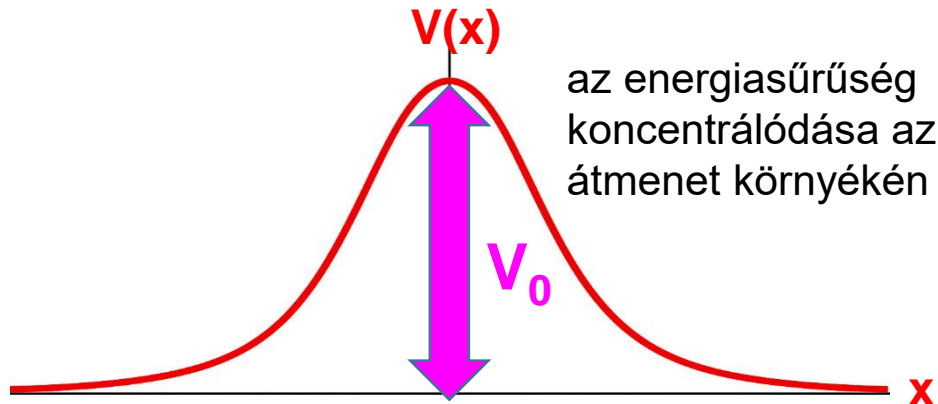


Az $x > 0$ és az $x < 0$ tartomány végtelenjében a skalármező a két alapállapothoz tart.

Az $x = 0$ koordináta körül a fal mentén energia koncentrációdik



Doménfal skalármezőben



Az $x = 0$ koordináta körül a fal mentén energia koncentrálódik

Ugyanitt **negatív nyomás** is fellép:

$$\varepsilon = V_0$$

$$p = -V_0$$

Az energiaimpulzus-tenzor:

$$T = \begin{array}{c|ccc} \varepsilon & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & p & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p \end{array} = \begin{array}{c|ccc} V_0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & -V_0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -V_0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -V_0 \end{array}$$

Doménfal skalármezőben

Az energiainpulzus-tenzor:

$$T = \begin{array}{c|ccc} V_0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & -V_0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -V_0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -V_0 \end{array}$$

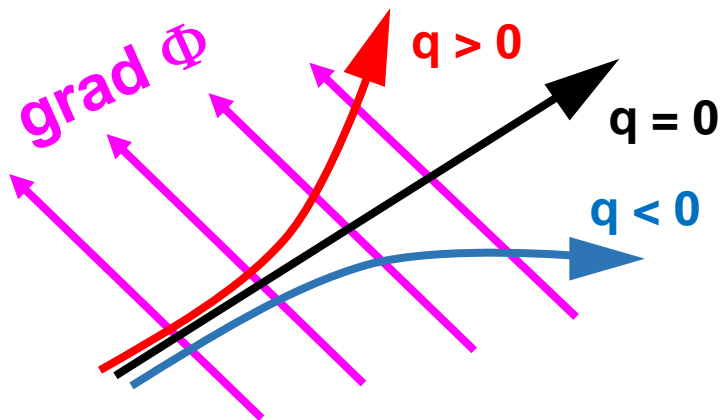
- a tenzor különböző komponensei egyforma nagyságúak
- a nyomás értéke negatív

Ilyen furcsa eset a közönséges, hétköznapi anyagok esetében nem fordul elő!

Az általános relativitáselmélet lehetővé teszi a téridő görbültségének kiszámítását e furcsa anyagi konfiguráció közelében

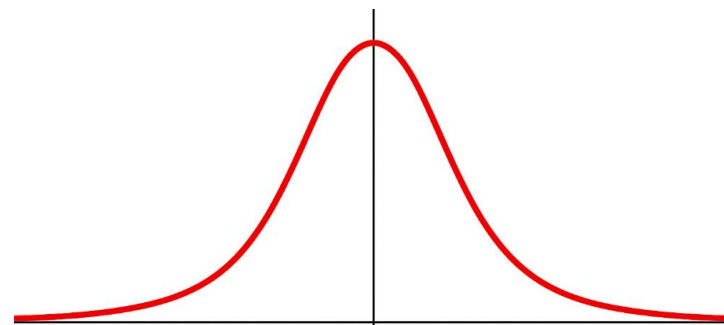
Utána pedig kiszámíthatjuk az így kialakult gravitációs térben megvalósuló részecskepályákat

A skalármező kétféle hatása a részecskékre



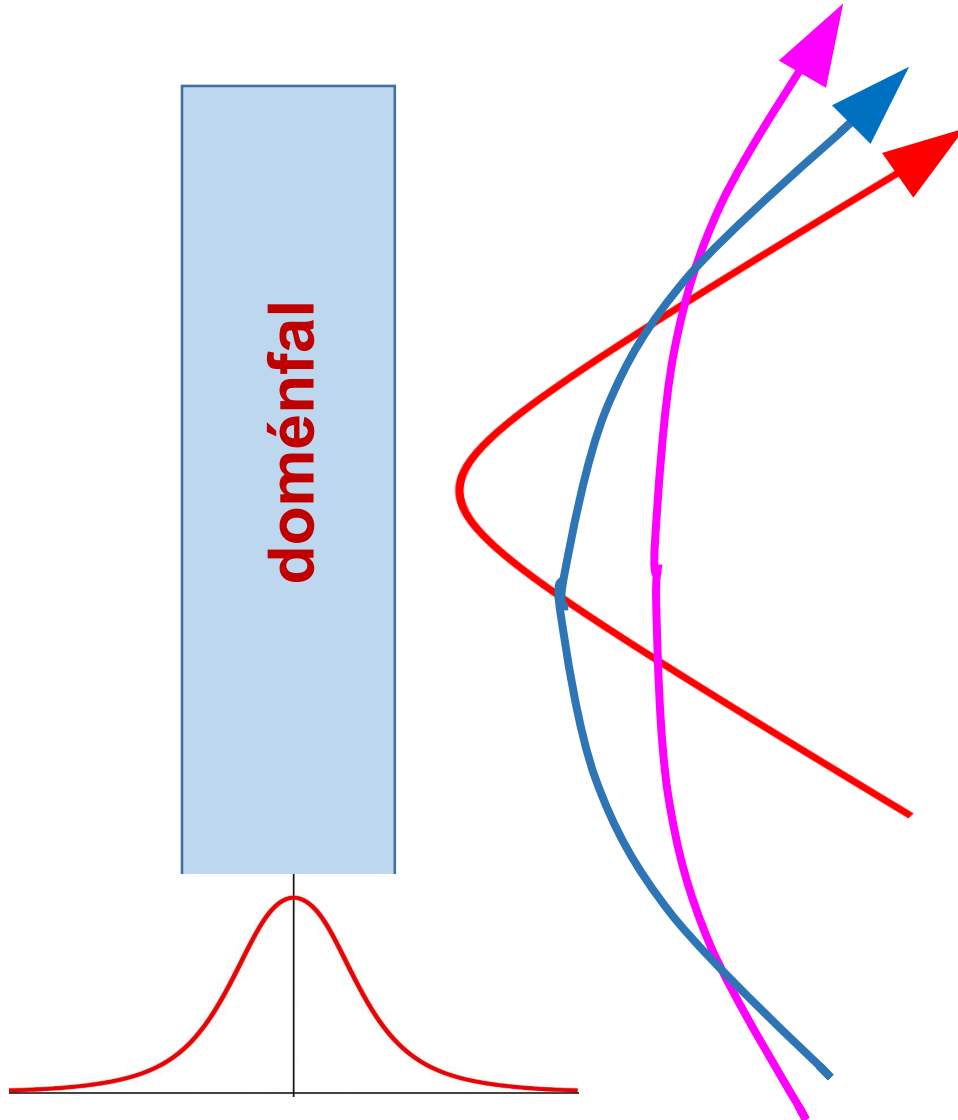
A skalármező gradiense eltéríti
a vele kölcsönhatásban álló
részecskéket.

Ez a hatás a q csatolási
állandójú előjelétől és
nagyságától függ



A skalár doménfal térgörbítő (azaz
gravitációs) hatása eltérít
MINDEN arra járó részecskét.
Ugyanakkora mértékben!

Részecskepályák (geodetikusok) a skalár doménfal közelében



A részecskék tömegüktől és töltésüktől függetlenül visszapattannak a skalár doménfal körül kialakult téridő-konfigurációról (hagyományos nevén gravitációs térről).

Akárhogyan is nézzük, ez

ANTIGRAVITÁCIÓ:

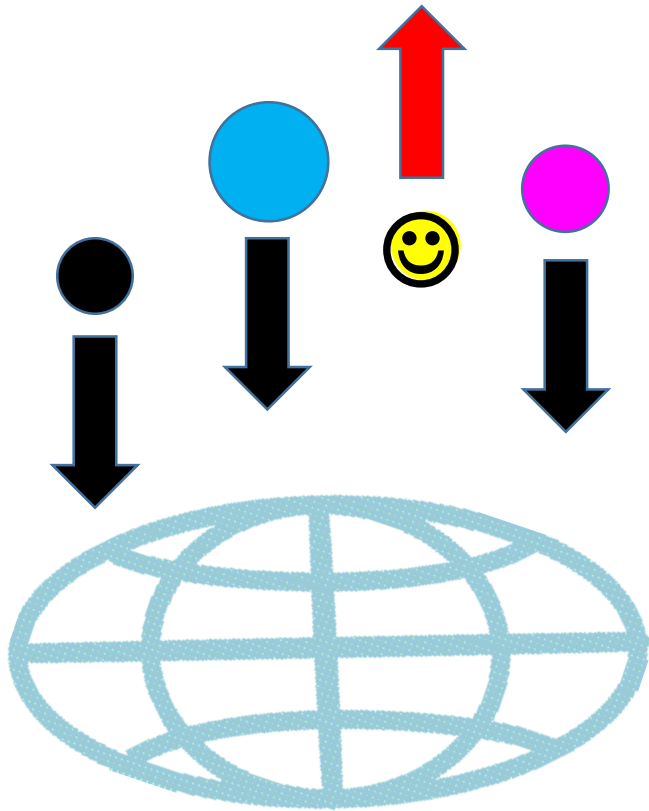
egy anyagi objektum gravitációs tere eltaszítja a többi objektumot

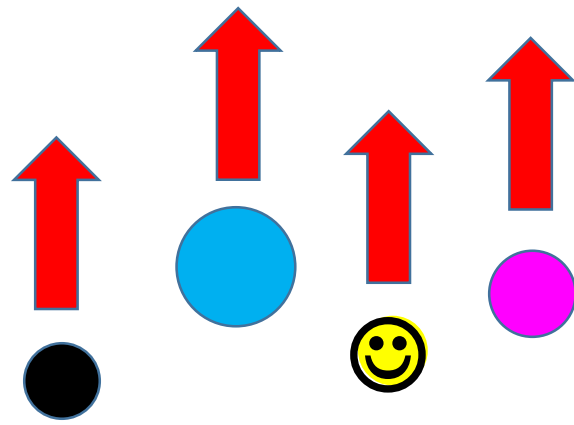


Az antigravitáció tehát létezik.

Akkor most örülhetünk?

**Ezt a szituációt szeretnénk
volna létrehozni**



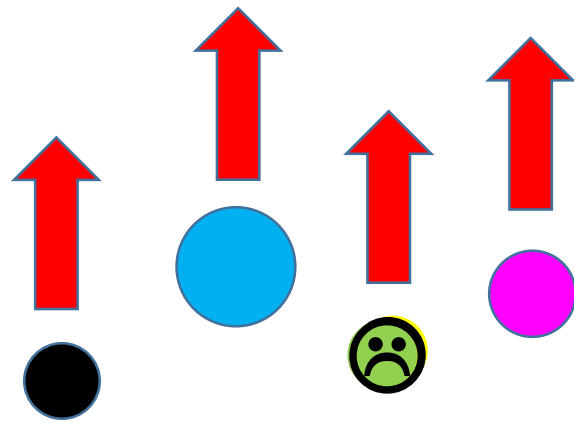


Az antigravitáció tehát létezik.

Akkor most örülhetünk?

**Ehelyett a skalár doménfal
MINDENT taszít**

skalár doménfal



Az antigravitáció tehát létezik.

Akkor most örülhetünk?

**Ehelyett a skalár doménfal
MINDENT taszít**

Ennek nem mindenki örül

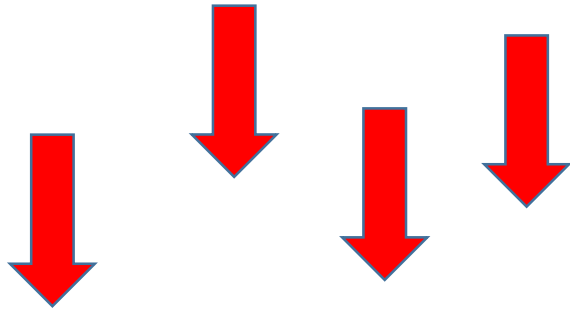
skalár doménfal

Egy ötlet: fordítsuk meg a helyzetet!



légdeszka

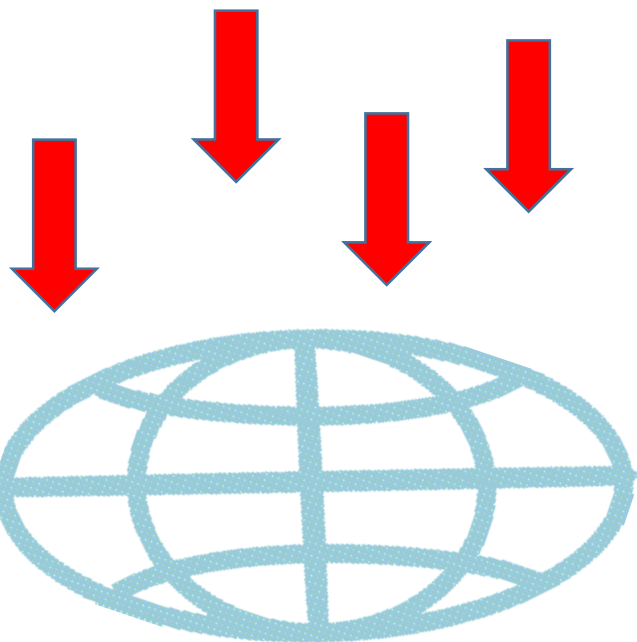
skalár doménfal





légdeszka

skalár doménfal



Egy ötlet: fordítsuk meg a helyzetet!

Remek ötlet, de sajnos nem működik...

A doménfal egy **végtelen sík**, két félvégtelen tartományt választ el.

Nem lehet **véges deszkára** kenni...

Véges objektum esetén életbe lép a korábban levezetett szabály:

összetételtől és tömegtől függetlenül **MINDEN test egyformán esik** a külső gravitációs térben...

Készítsünk taszító bolygót vagy csillagot az

$$\varepsilon = V_0 \quad p = -V_0 \quad \text{állapotegyenletű skalármezőből!}$$

Nem lehet – az anyag önmagát is taszítja

Nem tudna összegyűlni, összesűrűsödni, nem lenne stabil

Akkor a **doménfal** miért létezhet, miért stabil?:

Ennek **topológiai** oka van – a két végtelenben más a mező értéke, ezeket valahogyan össze kell kötni...

Gömbhéj – kívül az egyik, belül a másik alapállapot?

Ez sem stabil: a belső tartomány gyorsan összezsugorodik, megszűnik

Esetleg egy másféle „**töltőanyag**” (pl. kvark-gluon plazma) stabilizálhatja.
Kutatás alatt álló téma.



Egy utolsó ötlet:

Töltsük be az egész végtelen teret az

$\varepsilon = V_0$ $p = -V_0$ állapotegyenletű skalármezővel!

Vajon ez mit fog taszítani?

Mindent – azaz önmagát, az önmaga által betöltött végtelen teret

A skalármező által betöltött végtelen tér
exponenciálisan gyorsuló tágulásba kezd:

Ez a kozmikus infláció,

ami a Nagy Bumm után kb 10^{-32} másodperccel esett meg.



Kozmikus infláció

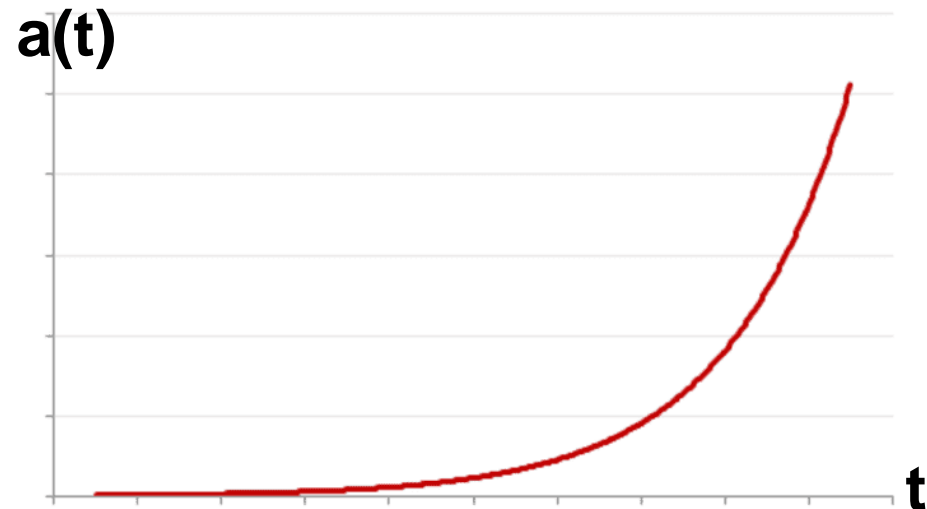
ebben a korszakban az $a(t)$ függvény exponenciálisan nőtt

rövid idő alatt 10^{60} -szorosára növekedett*

parányi térbeli tartományok kozmikus méretűre fúvódtak fel

*az irodalomban 10^{26} és 10^{60} között sokféle adat előfordul

a Higgs-mező dominálta inflációs korszakban könnyen megoldhatjuk az Einstein–Fridman-egyenleteket



Ez a gyors felfúvódás (infláció) „**simította ki**” a téridőt majdnem pontosan síkra

Az infláció fizikájáról, előnyeiről és következményeiről:

dgy: **Az Élet, a Világegyetem
meg Minden – 1. rész**
Atomcsill, 2024.09.12

Röviden: a skalármező antigravitációs hatása
hajtotta infláció hozta létre azt a hatalmas
színpadot, amin az Univerzum történetének
későbbi felvonásai lejátzódtak.

De ez nem elég a jóból:
néhány milliárd évvel ezelőtt egy
újabb gyorsuló tágulási korszak kezdődött.

Vajon itt is a skalármező a ludas?

A következő húsz évben kiderül...



Nos hát akkor mi a helyzet az antigravitációval?

A klasszikus fizikában a háromféle tömeg egyenlősége megakadályozza az antigravitációs hatás kialakulását,

Az általános relativitáselméletben az aktív gravitáló tömeg szerepét átveszi az **energiaimpulzus-tenzor**:

ezzel sokféle, anyagfüggő gravitációs hatás válik lehetségessé.

A skalármező speciális állapotegyenlete „**mindent taszító**” gravitációs konfigurációkat (doménfal és kozmikus infláció) tesz lehetővé.

Véges egyedi objektumok ugyanúgy univerzális, anyagtól és tömegtől független **szabadesést** végeznek, mint a klasszikus esetben.

A **kvantumgravitáció** modern elmélete (2052) szerint pedig...



Mátyás király és az okos lány:

**Jött is meg nem is,
hozott is meg nem is...**



Összefoglalva:

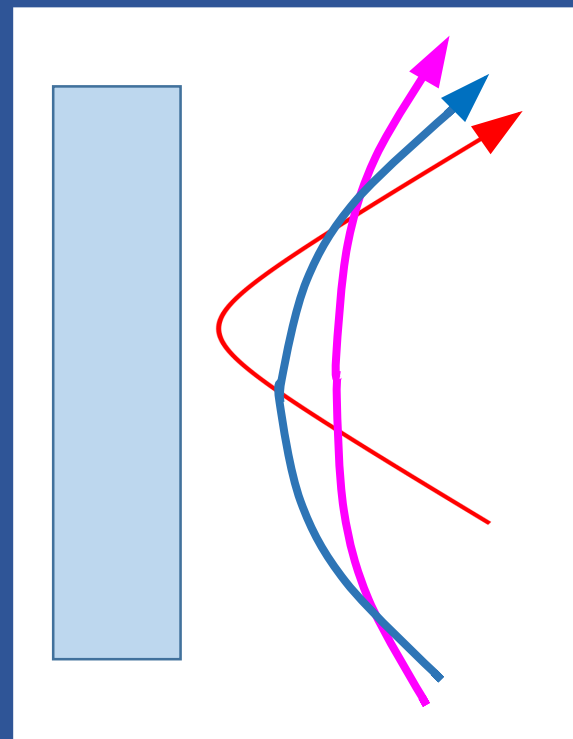
Az antigravitáció létező fizikai jelenség

Az általános relativitáselmélet és egyes speciális anyagfajták tulajdonságainak következménye

Fontos szerepet játszik az Univerzum történetének egyes fejezeteiben

Repülésre, lebegésre, járművek hajtására sajnos nem alkalmas

Köszönöm a figyelmet!



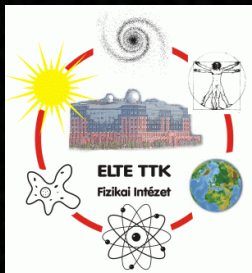


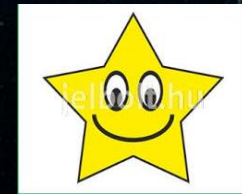
Köszönöm a figyelmet!

Antigravitáció

Dávid Gyula
2026 01. 15.

Az atomoktól a csillagokig





Antigravitáció

Dávid Gyula
2026 01. 15.

Az atomoktól a csillagokig

