

Kosmiske strenger

Håkon Enger

Innhold

- Spontant symmetribrudd

Innhold

- Spontant symmetribrudd
- Gravitasjonseffekter av strenger

Innhold

- Spontant symmetribrudd
- Gravitasjonseffekter av strenger
- Utvikling av streng-nettverk

Innhold

- Spontant symmetribrudd
- Gravitasjonseffekter av strenger
- Utvikling av streng-nettverk
- Kosmiske strenger og massefordeling

Innhold

- Spontant symmetribrudd
- Gravitasjonseffekter av strenger
- Utvikling av streng-nettverk
- Kosmiske strenger og massefordeling
- Kosmiske strenger og CMB

Innhold

- Spontant symmetribrudd
- Gravitasjonseffekter av strenger
- Utvikling av streng-nettverk
- Kosmiske strenger og massefordeling
- Kosmiske strenger og CMB
- Kosmiske superstrenger


Innhold

- Spontant symmetribrudd
- Gravitasjonseffekter av strenger
- Utvikling av streng-nettverk
- Kosmiske strenger og massefordeling
- Kosmiske strenger og CMB
- Kosmiske superstrenger
- Observasjoner

Strengteori bevist?

NewScientist.com SEARCH

- Free E-Zine
- Subscribe to Magazine
- Customer Service

4 FREE ISSUES 

08 May 2005 HOME | NEWS | EXPLORE BY SUBJECT | LAST WORD | SUBSCRIBE | SEARCH | ARCHIVE | RSS | JOBS

EXPLORE BY SUBJECT

FUNDAMENTALS

ALL SUBJECTS

- [Space](#)
- [Health](#)
- [Earth](#)
- [Fundamentals](#)
- [Being Human](#)
- [Info-Tech](#)
- [Life](#)
- [Mech-Tech](#)
- [Opinion](#)
- [Sex and Cloning](#)

[New Scientist Special Reports](#)

PRINT EDITION

The first evidence for string theory?

18 December 2004

From New Scientist Print Edition. [Subscribe](#) and get 4 free issues.

Marcus Chown

IF YOU consider them separately, these two observations are hardly going to set the scientific world on fire. But together they add up to a spectacular possibility. In a tiny region of sky, astronomers have seen a dozen galaxies that appear as a curious sequence of double images. They have also observed a quasar whose brightness oscillates in an unexpected way. What could cause these odd phenomena? The only explanation that covers both is pretty mind-bending: "superstrings" of pure energy that can stretch millions of light years across the universe. Is

More Fundamentals Stories

- [Lightning: Thunderbolts from space !\[\]\(581a37922a09af6d3412377716caf230_img.jpg\)](#)
- [Superconductors have no need to be negative !\[\]\(c7a4f049a5839fa6a2a70530bbd741a3_img.jpg\)](#)
- [One law rules dedicated followers of fashion](#)
- [Fred Hoyle: A life in science by Simon Mitton and Fred Hoyle's Universe, by Jane Gregory !\[\]\(c03112ee263a906bbf549fae85097b06_img.jpg\)](#)
- [The theory of everything: Are we nearly there](#)

Spontan symmetribrudd

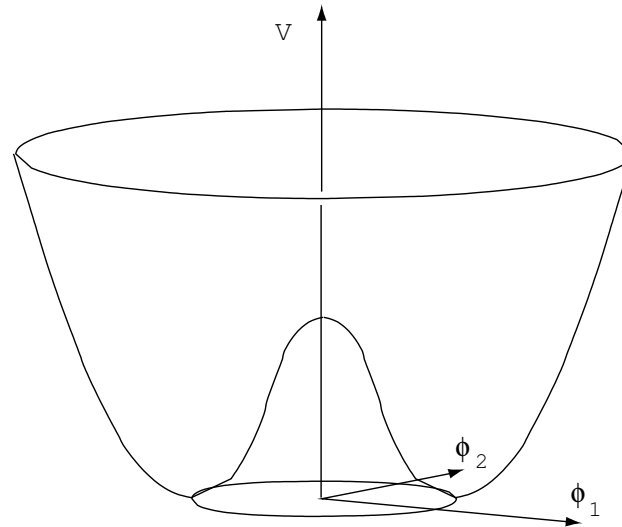
- Komplex skalar ϕ

- Potensial

$$V \sim (|\phi|^2 - \eta^2)^2$$

(η konstant)

- Symmetribrudd:
grunntilstand ikke
rotasjonssymmetrisk



Spontan symmetribrudd

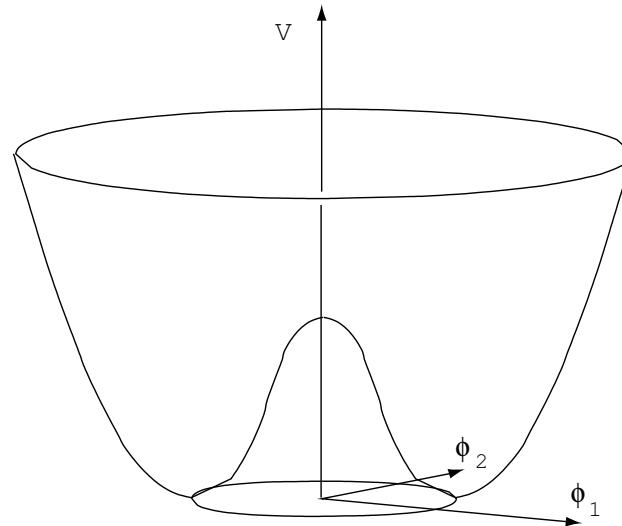
- Komplex skalar ϕ

- Potensial

$$V \sim (|\phi|^2 - \eta^2)^2$$

(η konstant)

- Symmetribrudd:
grunntilstand ikke
rotasjonssymmetrisk

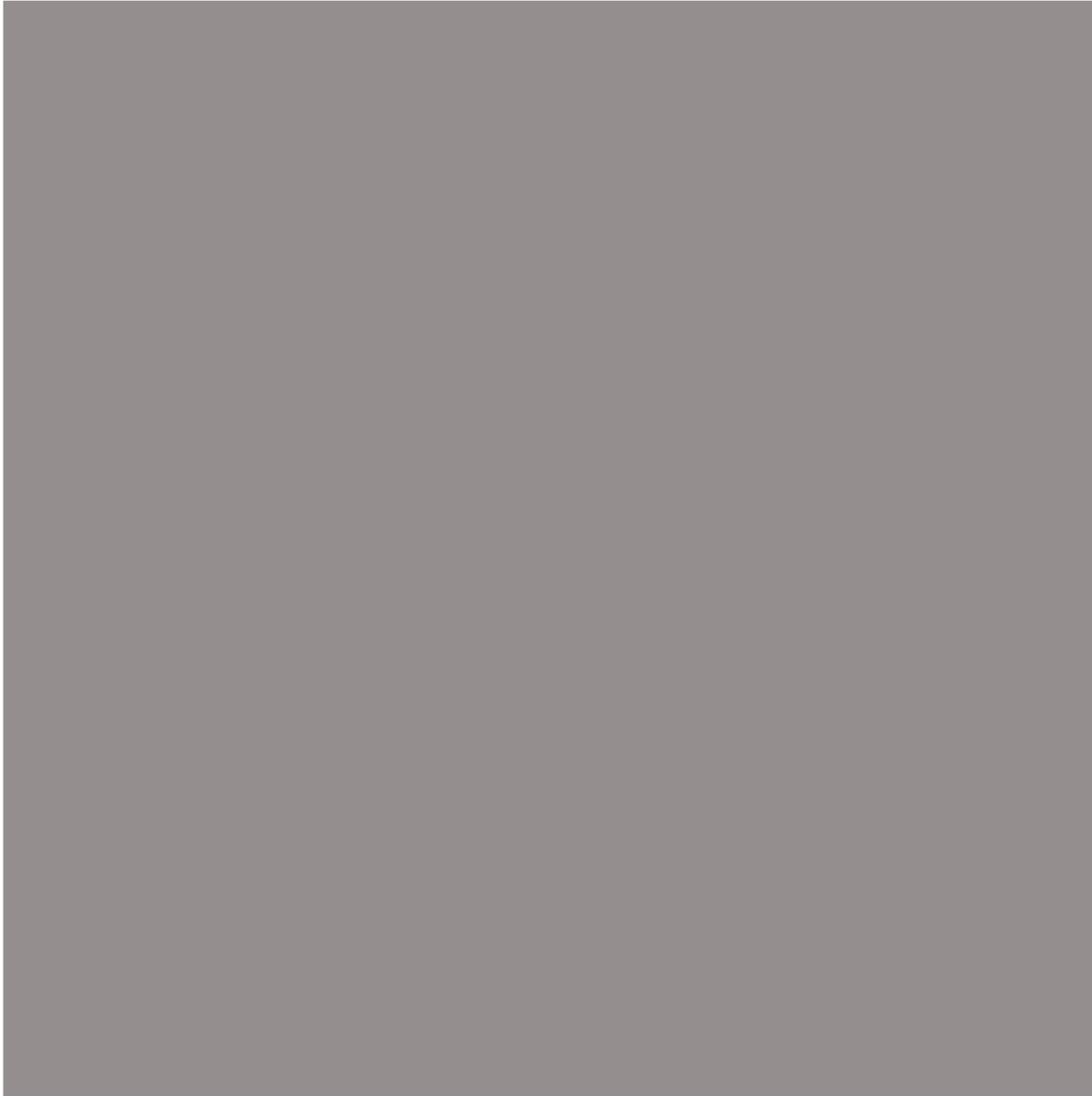


- Effektivt potensial temperaturavhengig

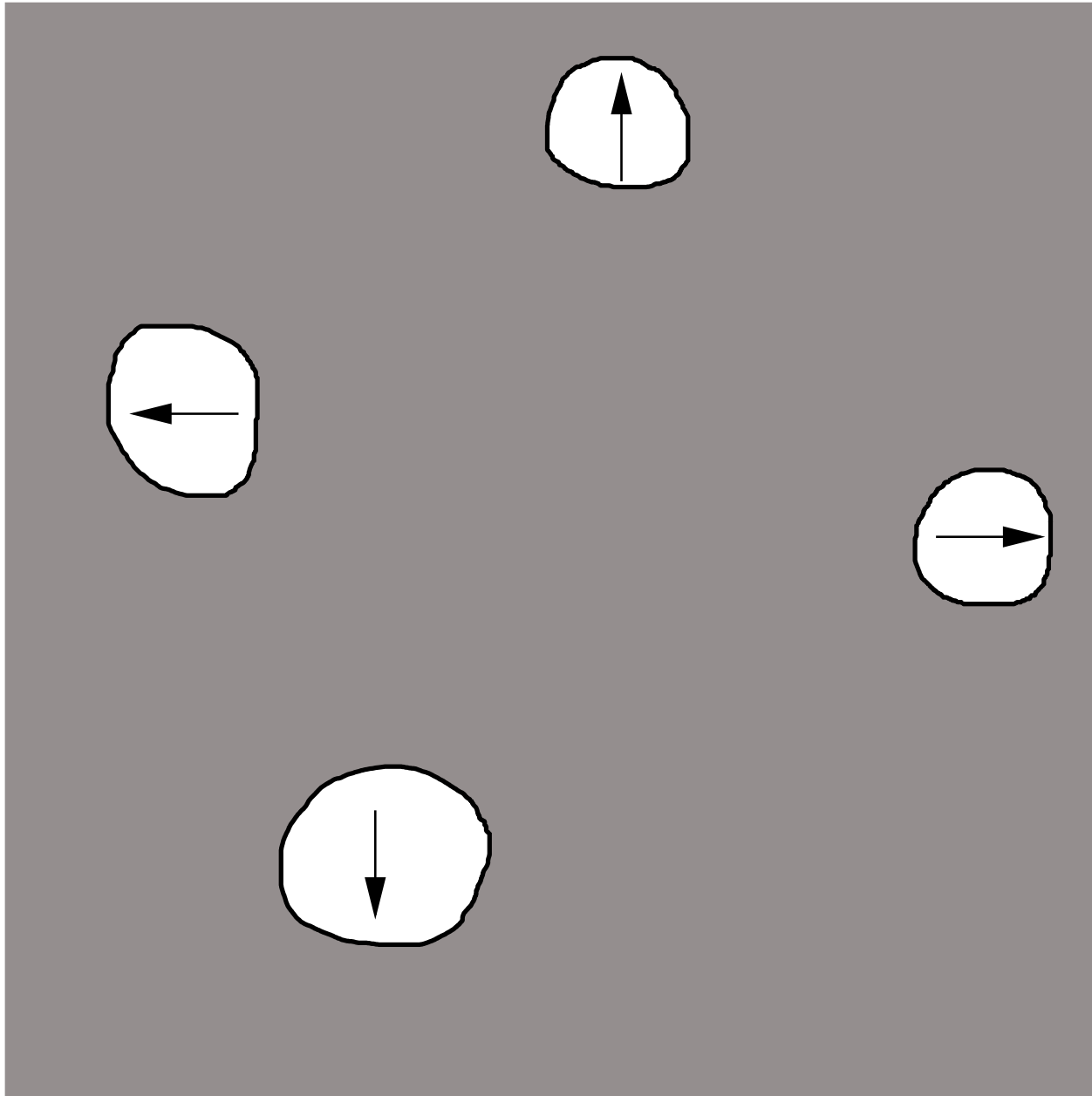
- Ved høy T: symmetrisk grunntilstand $\phi = 0$

- Symmetribrudd ved kritisk T

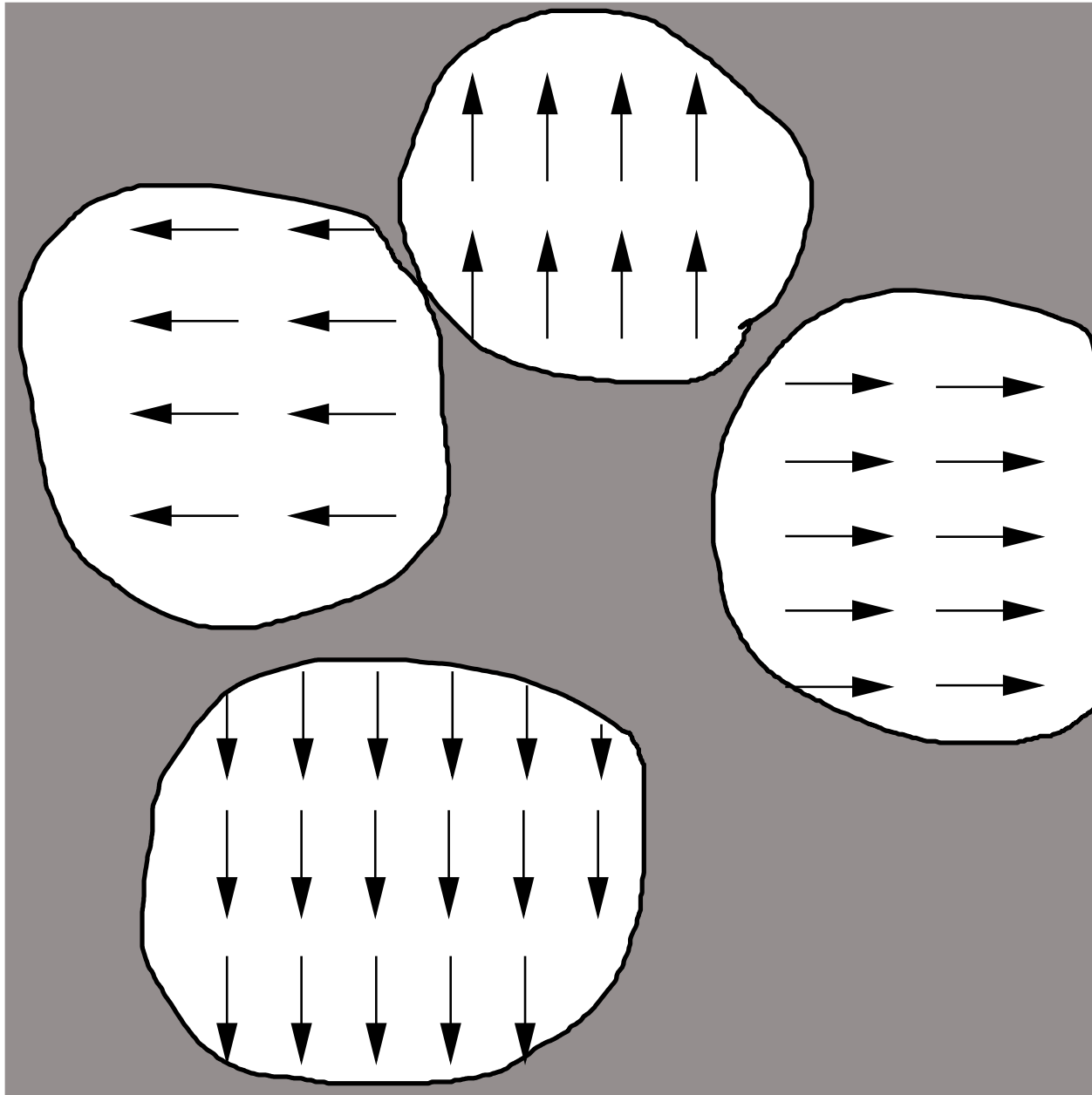
Tidlig univers



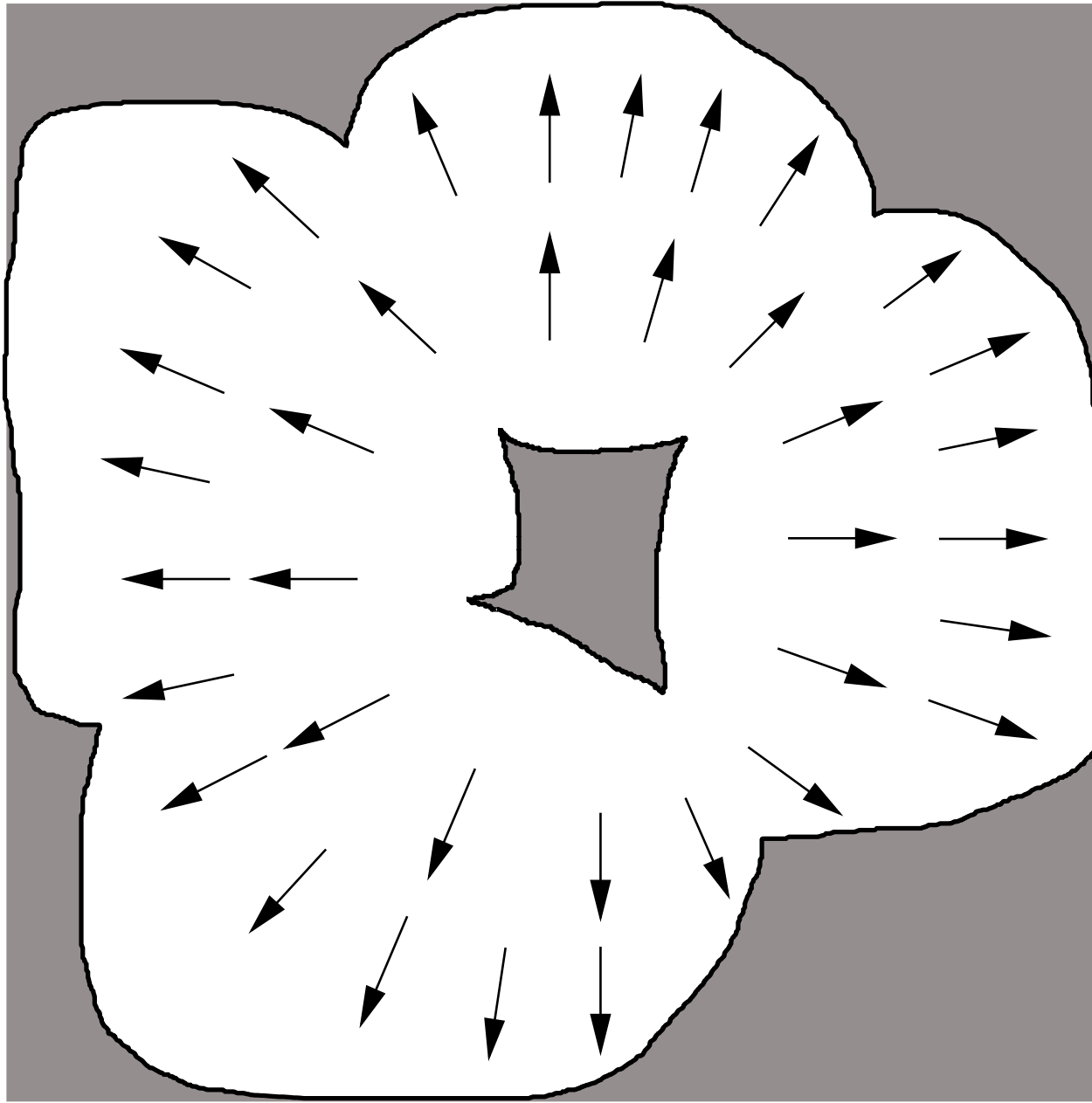
Tidlig univers



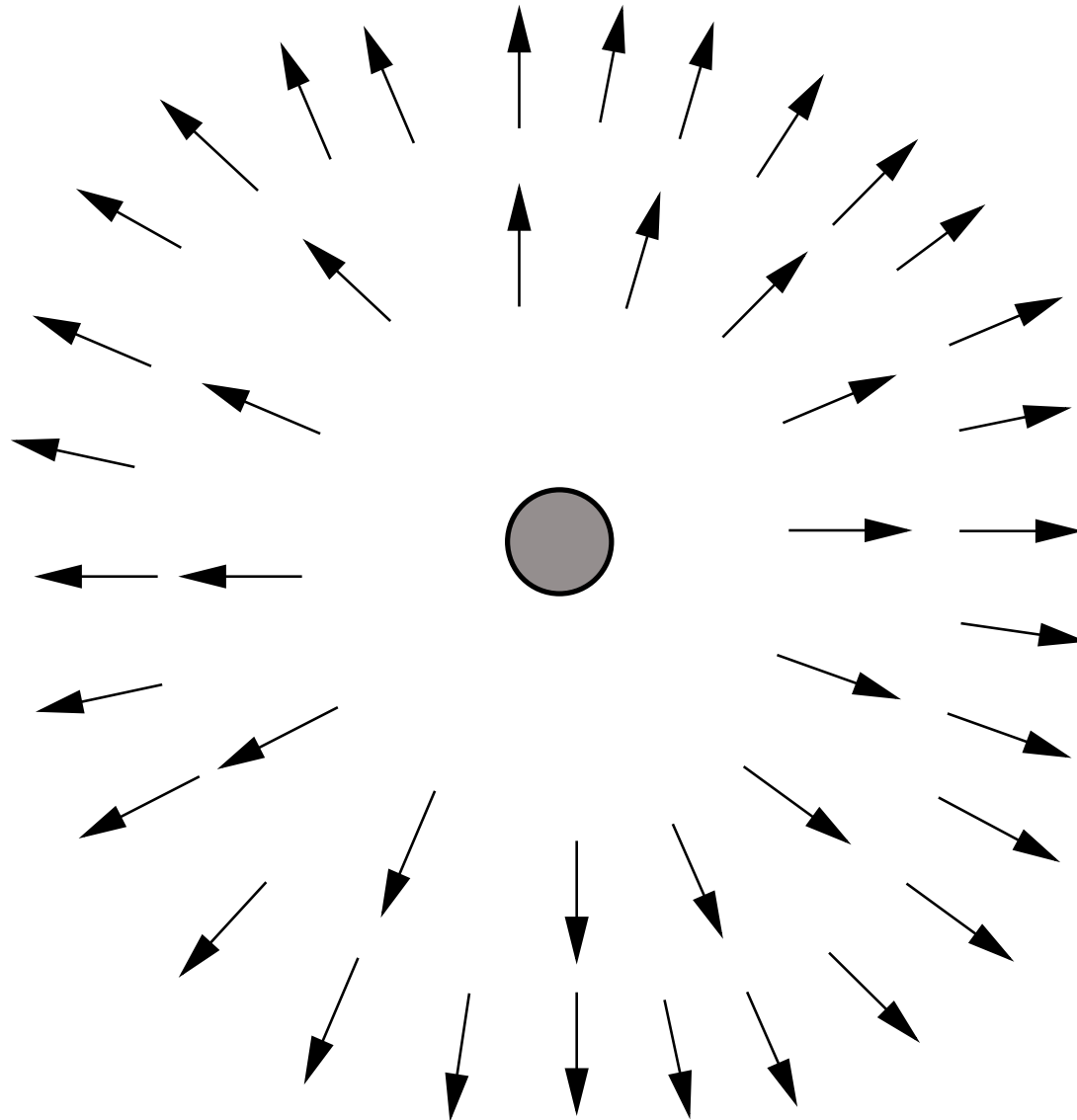
Tidlig univers



Tidlig univers



Tidlig univers



Symmetribrudd i gaugeteorier

- Higgsmekanismen:

$$SU(2) \times U(1) \longrightarrow U(1)$$

- Energi: ~ 100 GeV.

Symmetribrudd i gaugeteorier

- Higgsmekanismen:

$$SU(2) \times U(1) \longrightarrow U(1)$$

- Energi: ~ 100 GeV.
- Grand Unified Theory (GUT):

$$G \longrightarrow SU(3) \times SU(2) \times U(1)$$

- Energi: $\sim 10^{16}$ GeV.

Symmetribrudd i gauge-teorier

- Higgsmekanismen:

$$SU(2) \times U(1) \longrightarrow U(1)$$

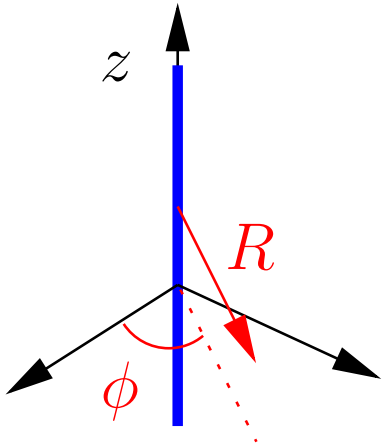
- Energi: ~ 100 GeV.
- Grand Unified Theory (GUT):

$$G \longrightarrow SU(3) \times SU(2) \times U(1)$$

- Energi: $\sim 10^{16}$ GeV.
- “Theory of everything” ved Planck-skalaen?
- Energi: $\sim 10^{19}$ GeV.

Gravitasjonsfeltet til en streng

- Lang rett streng.
- De enkleste strengene er *Lorentz-invariante* langs strengen.



Energi-impulstensor i dette tilfellet:

$$T^{tt} = \mu\delta^2(R) \quad T^{zz} = -\mu\delta^2(R)$$

Løsning av Einsteins likninger \rightsquigarrow

$$ds^2 = dt^2 - dz^2 - dR^2 - (1 - 4G\mu)^2 R^2 d\phi^2$$

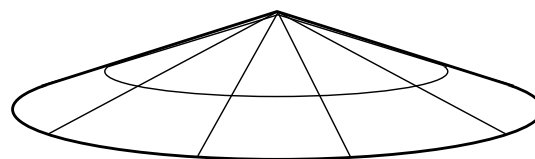
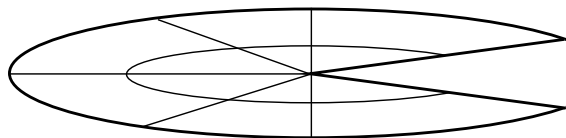
Gravitasjonsfeltet til en streng

$$ds^2 = dt^2 - dz^2 - dR^2 - (1 - 4G\mu)^2 R^2 d\phi^2$$

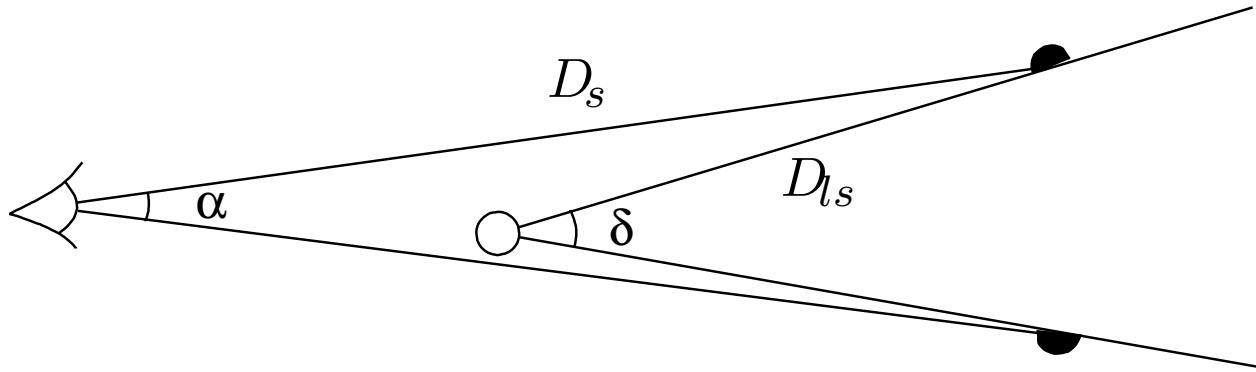
Koordinattransformasjon $\phi' = (1 - 4G\mu)\phi$ gir flatt rom.

Men: nå er $0 \leq \phi' < 2\pi - 8\pi G\mu$

Konisk singularitet ved $R = 0$.

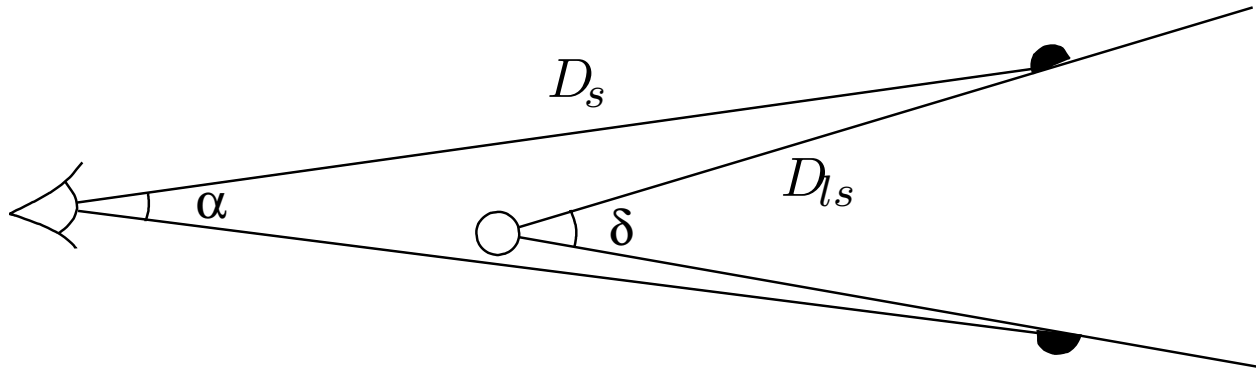


Linse-effekt av streng

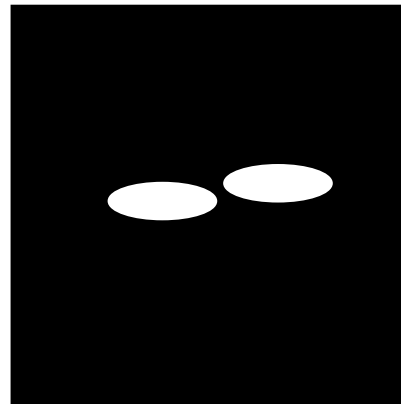


- $\delta = 8\pi G\mu$
- Kan regne ut α ved D_s og D_{l_s} .

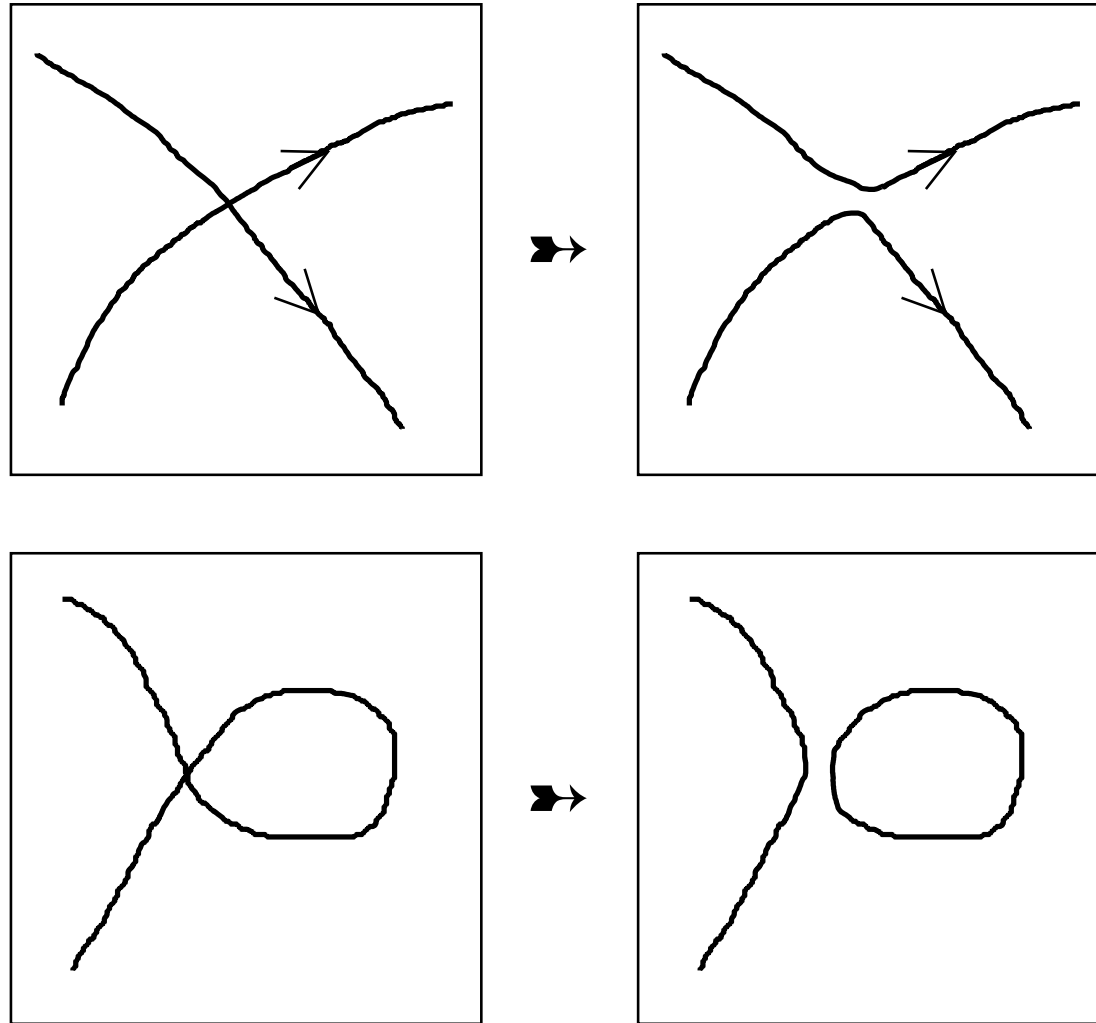
Linse-effekt av streng



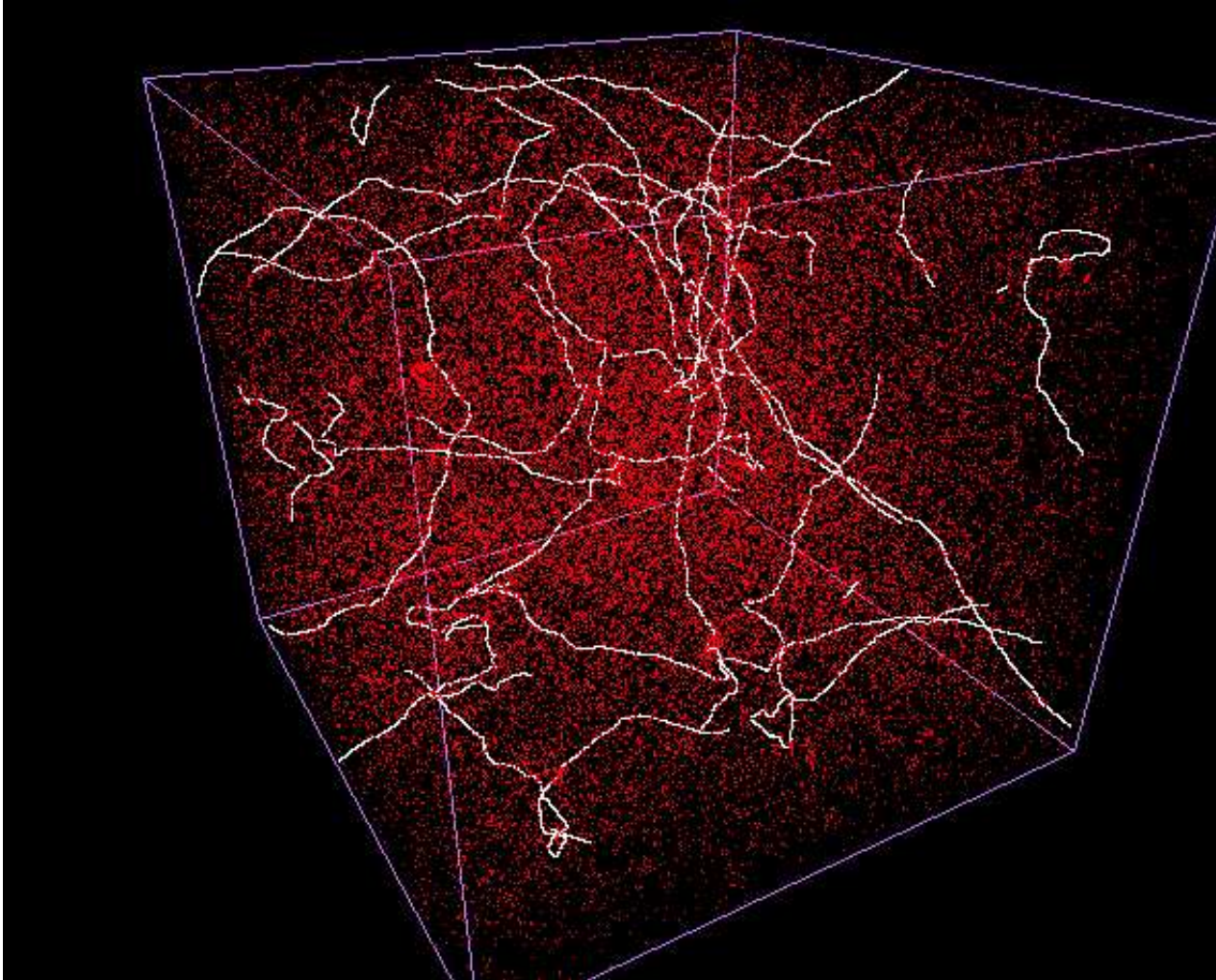
- $\delta = 8\pi G\mu$
- Kan regne ut α ved D_s og D_{l_s} .



Utvikling av kosmiske strenger



Nettverk av kosmiske strenger



[theory.physics.unige.ch/~ringeval/strings.html]

Kosmiske strenger og massefordeling

- Problem: Hvordan oppsto galaksene?
- Trenger fluktuasjoner i massetetthet for å starte galakseformasjon.

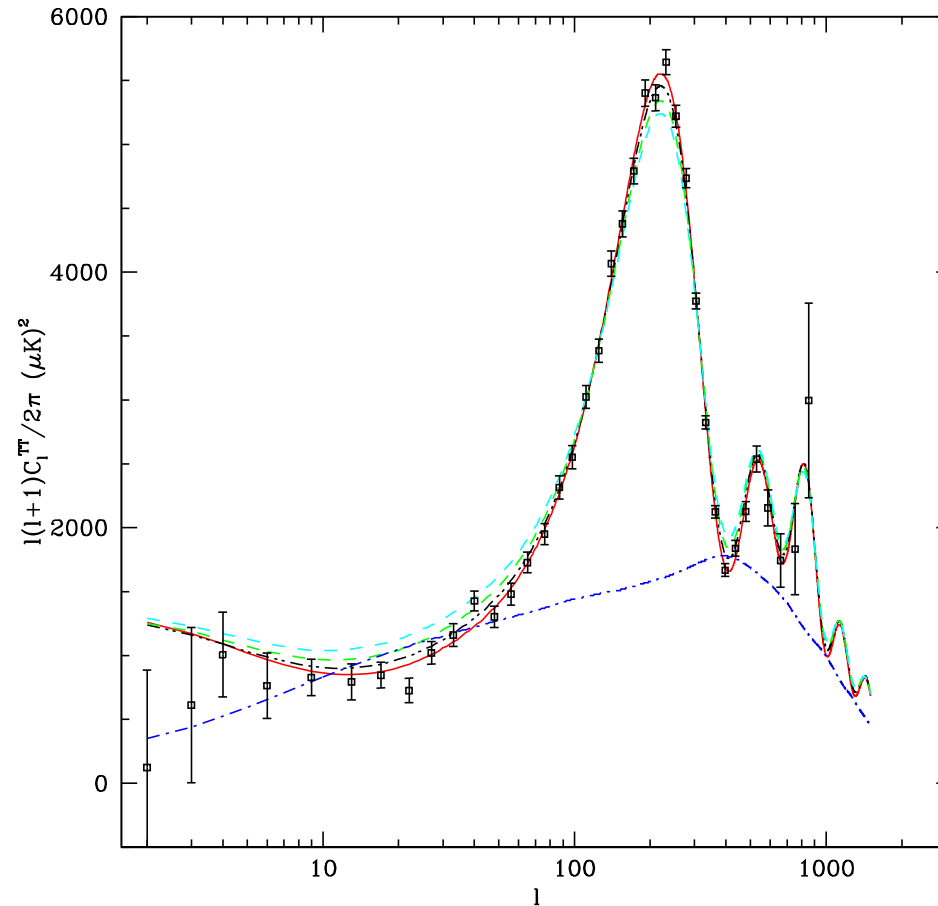
Kosmiske strenger og massefordeling

- Problem: Hvordan oppsto galaksene?
- Trenger fluktuasjoner i massetetthet for å starte galakseformasjon.
- Gravitasjonseffekten av strenger $\sim G\mu \sim 10^{-6}$ (GUT-skala-strenger).
- \rightsquigarrow Massefluktuasjoner med $\delta\rho/\rho \sim 10^{-6}$ – kunne forklare tidlig galakseformasjon.

Kosmiske strenger og massefordeling

- Problem: Hvordan oppsto galaksene?
- Trenger fluktuasjoner i massetetthet for å starte galakseformasjon.
- Gravitasjonseffekten av strenger $\sim G\mu \sim 10^{-6}$ (GUT-skala-strenger).
- \rightsquigarrow Massefluktuasjoner med $\delta\rho/\rho \sim 10^{-6}$ – kunne forklare tidlig galakseformasjon.
- Alternativ: inflasjon...

Kosmiske strenger og CMB

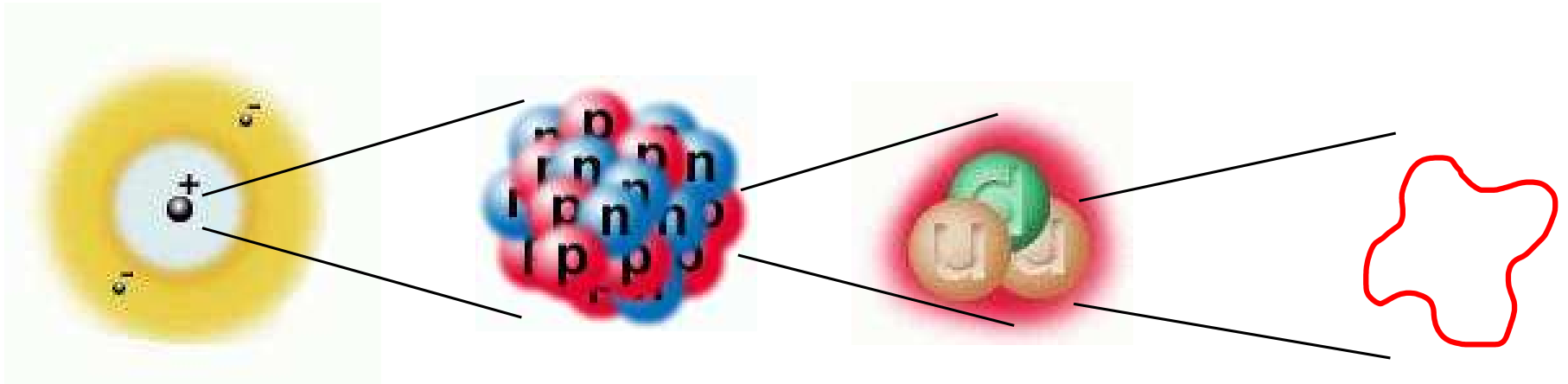


WMAP-satellitten har målt fluktuasjonene i den kosmiske mikrobølge-bakgrunnsstrålingen (CMB). Passer dårlig med strenger...

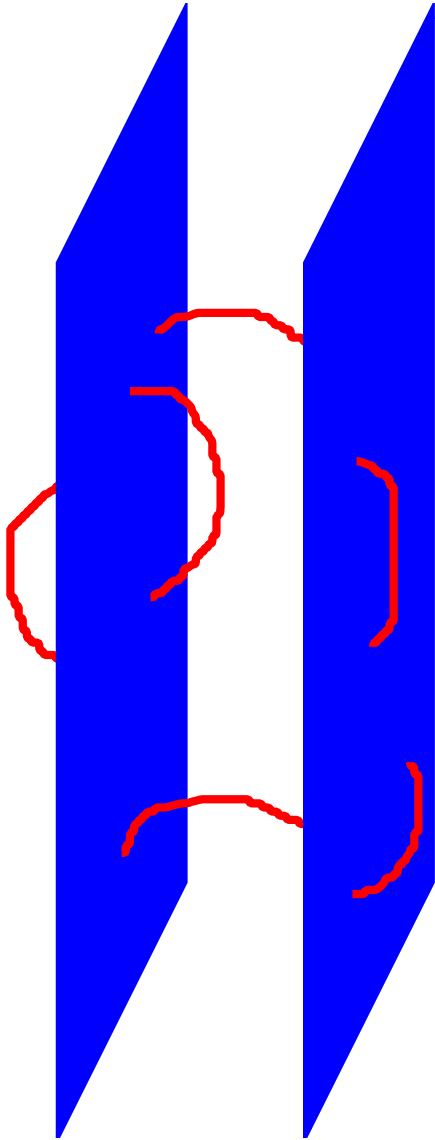
[hep-th/0505050]

Strengteori

- Fundamentale objekter er strenger, ikke punkter
- Supersymmetri
- Ekstra dimensjoner
- Fundamentale strenger: $\mu = 1 / 2\pi\alpha' \sim 10^{19}\text{GeV}$

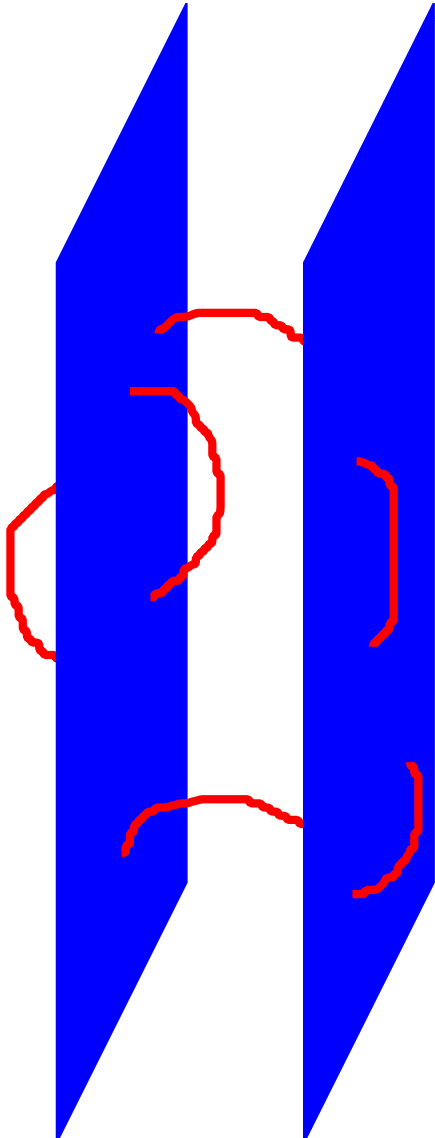


D-braner

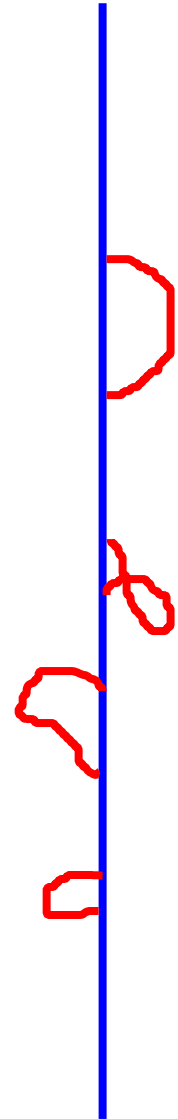


- Utstrakte objekter
- Festepunkter for åpne strenger
- Kan ha vilkårlig antall dimensjoner

D-braner



- Utstrakte objekter
- Festepunkter for åpne strenger
- Kan ha vilkårlig antall dimensjoner
- For eksempel: D1-bran = D-streng



Brane-world-modeller

- Vårt univers er en D3-bran
- “Store” ekstra dimensjoner: $\mu \mapsto \mu/V$
- “Warp factor”: $\mu \mapsto e^{2A}\mu$

Brane-world-modeller

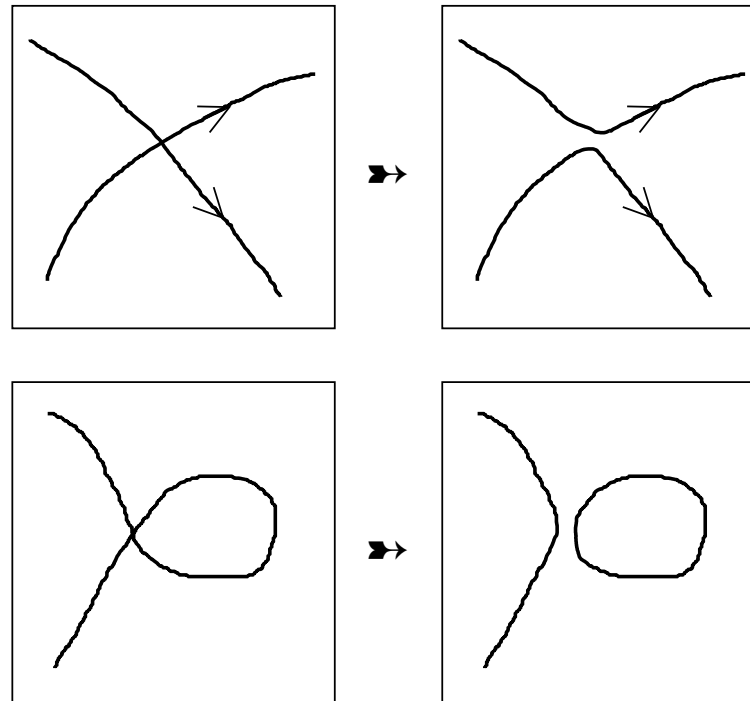
- Vårt univers er en D3-bran
- “Store” ekstra dimensjoner: $\mu \mapsto \mu/V$
- “Warp factor”: $\mu \mapsto e^{2A}\mu$

Inflasjon:

- KLMIT-modellen
- D3/ $\overline{D3}$ -par kolliderer
- Annihilasjon produserer D-strenger

Signaturer for superstrenger

- F- og D-strenger rekombinerer ikke nødvendigvis ved kollisjoner
- Sannsynlighet $0 < P < 1$ avhenger bl.a. av strengkoplingen g_s
- Liten P gir flere store strenger

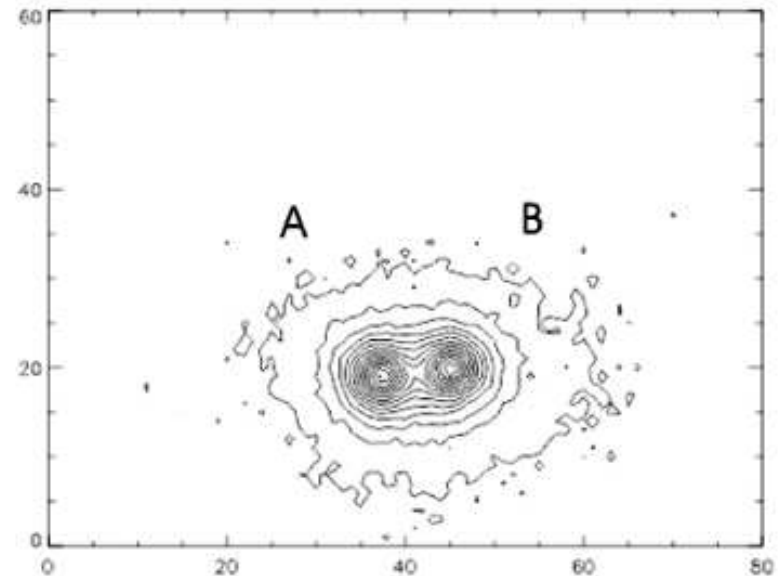
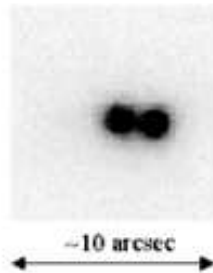
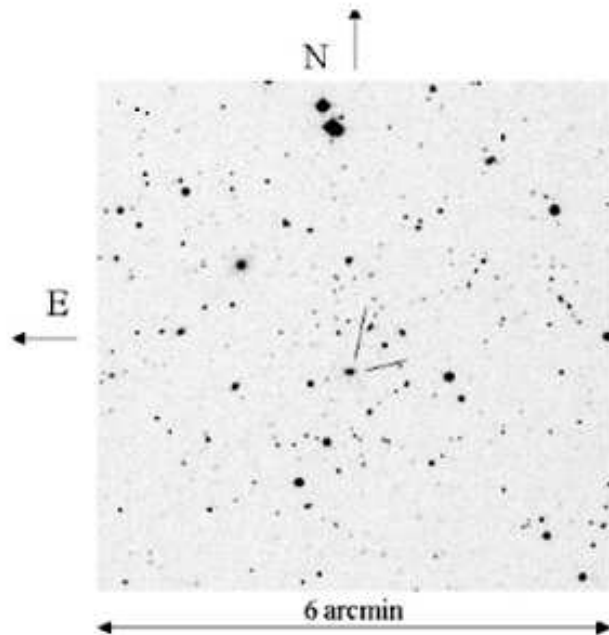


Observasjoner

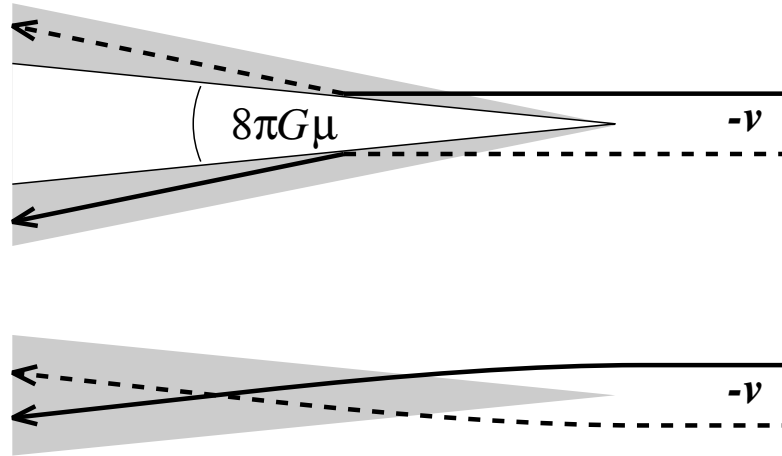


CSL-1

- “CSL-1: a chance projection effect or serendipitous discovery of a gravitational lens induced by a cosmic string?”
- M. Sazhin et. al., Mon. Not. Roy. Astron. Soc. **343** (2003) 353 [astro-ph/0302547]

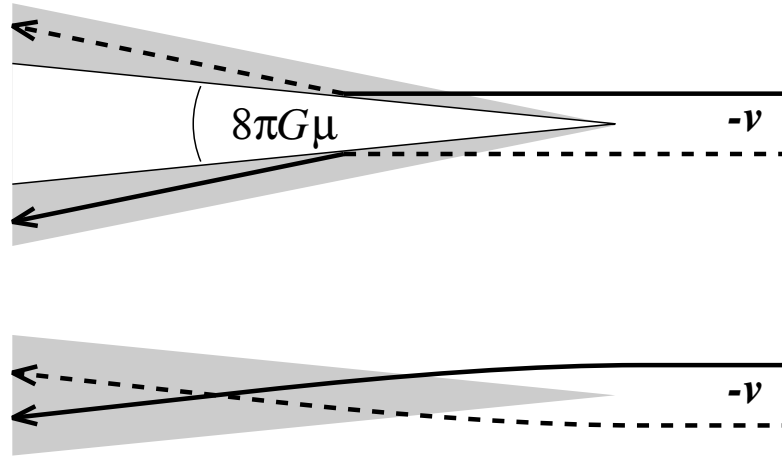


Kanter i CMB



- Diskontinuitet i rødforskyvning ved streng \Rightarrow “kant”
- A. S. Lo, E. L. Wright, [astro-ph/0503120], søkte etter kanter i WMAP-data
- Ingen klare tegn til strenger

Kanter i CMB



- Diskontinuitet i rødforskyvning ved streng \Rightarrow “kant”
- A. S. Lo, E. L. Wright, [astro-ph/0503120], søkte etter kanter i WMAP-data
- Ingen klare tegn til strenger
- Kant ved CSL-1 med “ 2σ ” signifikans

Dobbeltkvasaren

Anomalous fluctuations in observations of Q0957+561 A,B: smoking gun of a cosmic string?

R. Schild¹, I. S. Masnyak², B. I. Hnatyk², and V. I. Zhdanov²

¹ Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, 19, 60 Garden Street, Cambridge, MA 02138, U.S.A.

² Astronomical Observatory of Kyiv Taras Shevchenko National University, 3 Observatorna str., 04053 Kyiv, Ukraine

the date of receipt and acceptance should be inserted later

Abstract. We report the detection of anomalous brightness fluctuations in the multiple image Q0957 + 561 A,B gravitational lens system, and consider whether such anomalies have a plausible interpretation within the framework of cosmic string theory. We study a simple model of gravitational lensing by an asymmetric rotating string. An explicit form of the lens equation is obtained and approximate relations for magnification are derived. We show that such a model with typical parameters of the GUT string can quantitatively reproduce the observed pattern of brightness fluctuations. On the other hand explanation involving a binary star system as an alternative cause requires an unacceptably large massive object at a small distance. We also discuss possible observational manifestations of cosmic strings within our lens model.

Key words. cosmology: miscellaneous – gravitational lensing – quasars: individual: Q0957+561 – dark matter – elementary particles

511 keV-fotoner

- INTEGRAL-satellitten har observert en stråling av fotoner med 511 keV fra Melkeveiens sentrum
- Antatt kilde: elektron-positron-annihilasjon
- F. Ferrer, T. Vachaspati, [astro-ph/0505063]:
- Superledende kosmiske strenger kan produsere positroner

Oppsummering

- Kosmiske strenger: Produseres ved spontant symmetribrudd
- Liten effekt på massefordelingen
- Kan observeres ved gravitasjonslensing
- F- og D-strenger fra strengteori
- Så langt ingen definitive observasjoner

Referanser:

Reviews:

Davis, Kibble: hep-th/0505050

Polchinski: hep-th/0412244

Hindmarsh, Kibble: Rep. Prog. Phys **58** (1995), 477

CSL-1: astro-ph/0302547

WMAP-kanter: astro-ph/0503120

Dobbeltkvasaren: astro-ph/0406434

511 keV-fotoner: astro-ph/0505063