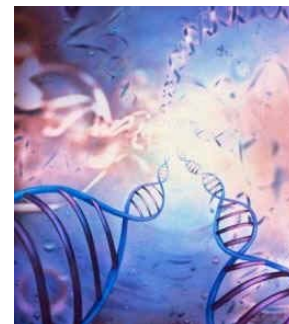
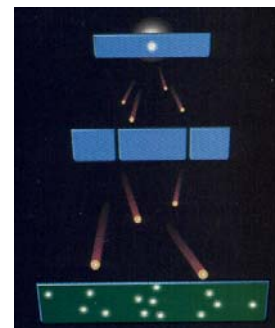
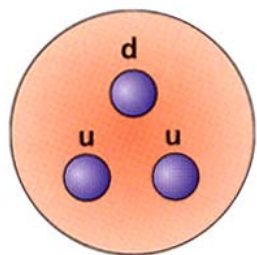


Fysikk 50 år frem i tid

Gaute T. Einevoll
Norges landbrukshøgskole



15. F. Ould-Saada: *Symmetrier i partikkelfysikk*. Kunnskapsforlagets årbok 2001, (red. I.S. Kristiansen), ISBN 82-573-1251-7, s 40 (2001)
16. BABAR-eksperimentet, <http://www-public.slac.stanford.edu/babar/>

17. S.O. Sørensen: *Mørk materie*, Fra Fysikkens Verden 52, 57-67 (1990)
18. Ø. Grøn og S.O. Sørensen: *Mørk materie i universet*. Symmetri 3, nr. 1 (1996)

∞

Fysikkens fremtid?

G.T. Einevoll¹, P.B. Lilje² og C.A. Lütken³

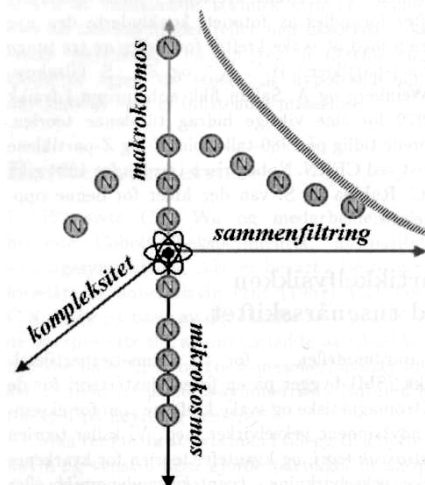
Fremtidens historikere vil trolig fremheve oppdagelsen av de grunnleggende naturlover som vår tids største kulturelle begivenhet. Men dette betyr ikke at fysikkens gullalder er over. Nye uoppdagede lover venter i alle hjørner av naturen, og fysikkens begreper og metoder sprer seg i dag utover hele vitenskapen.

Analyse

For hundre år siden visste vi ikke hva himmelen var. For hundre år siden visste vi ikke hva atomer var – vi visste ikke en gang om de eksisterte. Og for hundre år siden visste vi slett ikke hva liv var.

Det tok hundre år å plukke verden fra hverandre for å finne ut hva den 'er laget av'. Det overraskende er ikke hvor vanskelig det var, men hvor lett det var. Det tok bare hundre år!

Naturvitenskapens 'analytiske' fase er selvfølgelig ikke over: Vi kommer til å fortsette innover og utover i 'løken' av strukturer, og også i overskuelig fremtid vil det være uimotståelig spennende å utforske nye lag. Men før eller siden vil vi ikke ha råd til å fortsette reisen innover i mikro- og utover i makrokosmos, og den 'analytiske' fasen vil ebbe ut. Det kan til og med tenkes at dette vil skje før Norsk Fysisk Selskap fyller 100 år, i 2053. Er det da slutt på fysikken?



Figur 1. Heuristisk diagram av fysikkens 'handlingsrom', utspent av 'skala'- og 'struktur'- dimensjonene.

Antagelig har vi allerede oppdaget de fleste mikroskopiske 'naturlover' som gjør at verden har de egenskaper vi kan utforske eksperimentelt. Hva skal vi da med fysikere?

Heldigvis kan ting være 'mer' enn bare summen av sine enkelte bestanddeler. Selv de kjedeligste byggestener kan fremvise forbløffende kollektiv makroskopisk oppførsel. Det venter nye 'naturlover' i alle hjørner av naturen. Denne 'kompleksitetsdimensjonen' av fysikken er vi bare så vidt kommet i gang med å utforske.

I kvantemekanikken kan det også være omvendt: Helheten kan være 'mindre' enn summen av sine

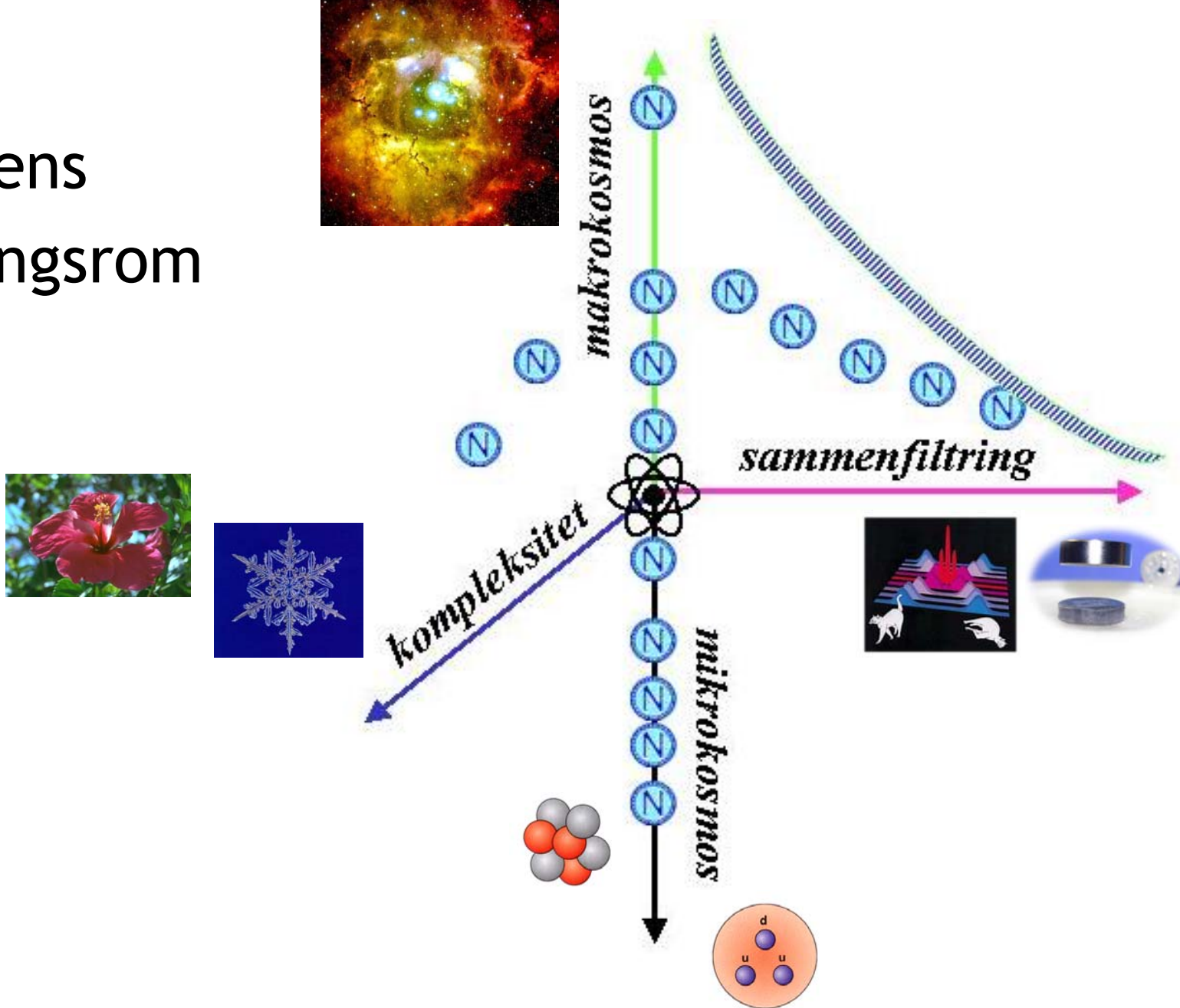
¹ Norges landbrukshøgskole, Ås,

² Institutt for teoretisk astrofysikk, Universitetet i Oslo,

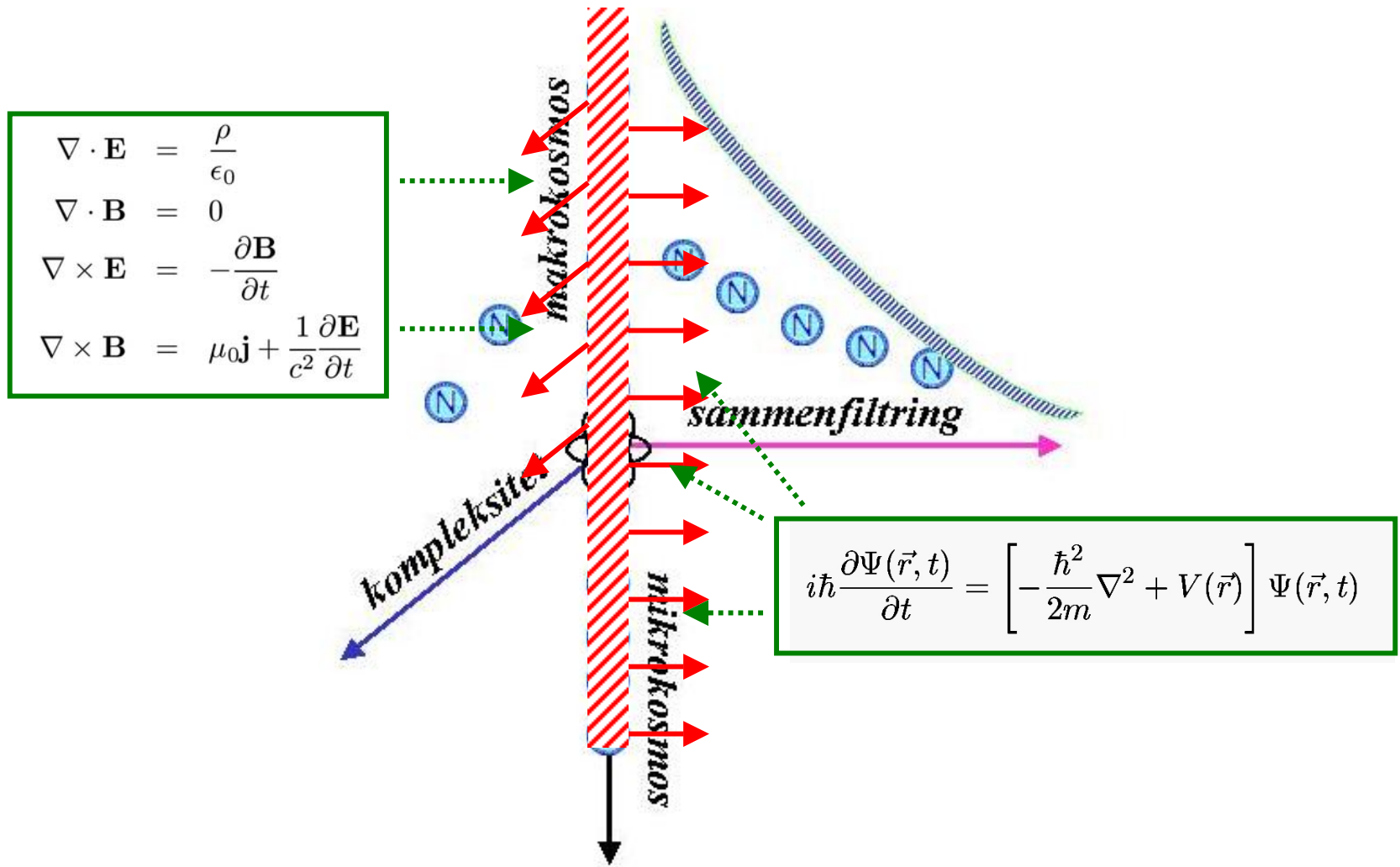
³ Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

*For Jov.

Fysikkens handlingsrom

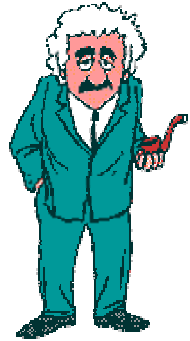


20. århundre: Naturlover avdekket

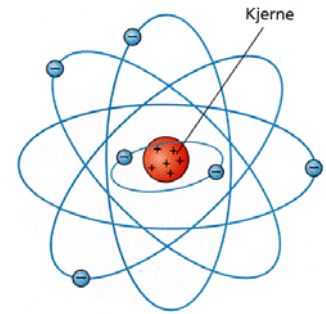




Analyse vs. syntese



- 1900: Mye indirekte bevis for atomhypotesen, men ingen kunnskap om hva et atom egentlig er
- 2000: Atomteorien en grunnpillær i fysikken (Schrödinger-ligningen)

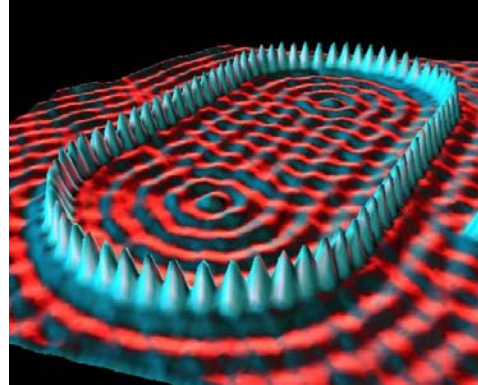
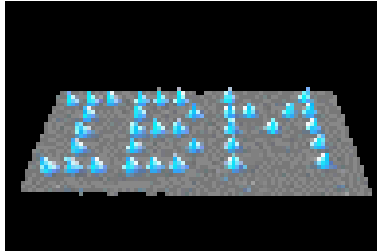


- Scenen er satt for all fremtidig ingeniørkunst [~100 atomære byggeklosser]

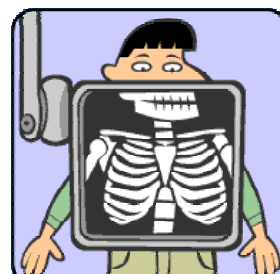
ELLER?



- I praksis uendelig mange måter å sette sammen atomer på ("kombinatorisk" stort tall, $\sim 10^{23}$!)



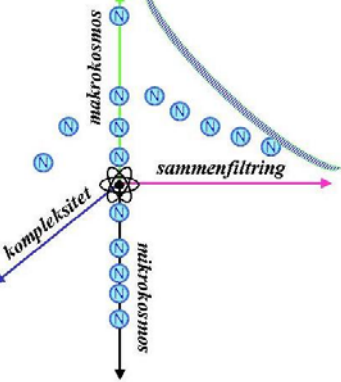
⇒ NANOTEKNOLOGI, BIOTEKNOLOGI



Bok: "Critical problems in physics"

INNHOLDSFORTEGNELSE

1. Introduction
2. Non-equilibrium physics
3. Dynamics, computation and neurobiology
4. Emergence and evolution of patterns
5. High-temperature superconductors
6. The on-going revolution in medical imaging
7. Cosmological challenges for the 21st century
8. Gravitation and experiment
9. Gravitational waves
10. Neutrino oscillations
11. The Tevatron
12. High energy colliders
13. Vistas in theoretical physics
14. The future of particle physics as a natural science

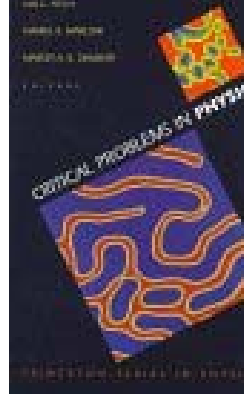


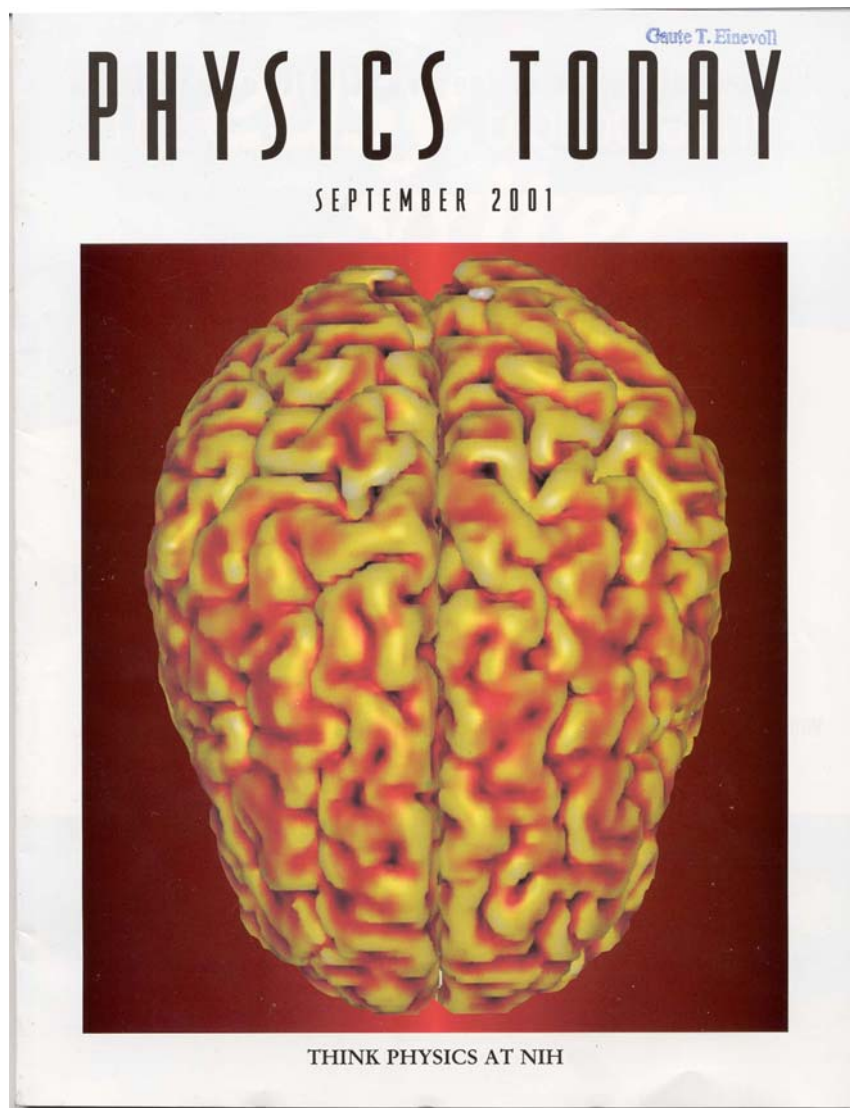
KOMPLEKS.

SAMMENFILT.

MAKRO

MIKRO





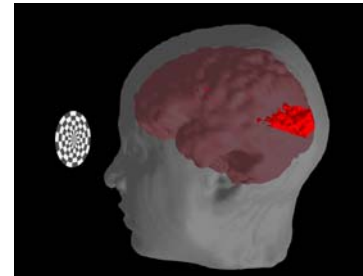
MRI

- "Nye" avbildningsmetoder endrer medisinsk vitenskap og praksis:

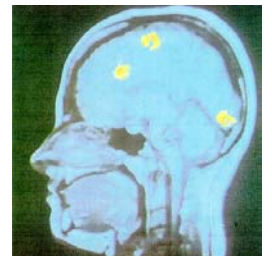
MEG



fMRI

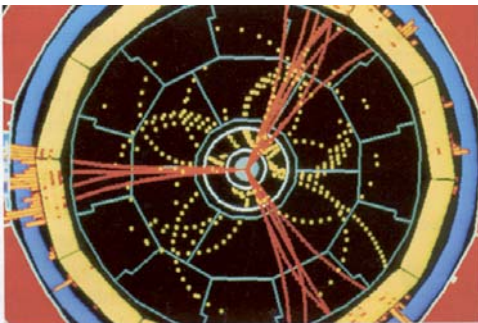
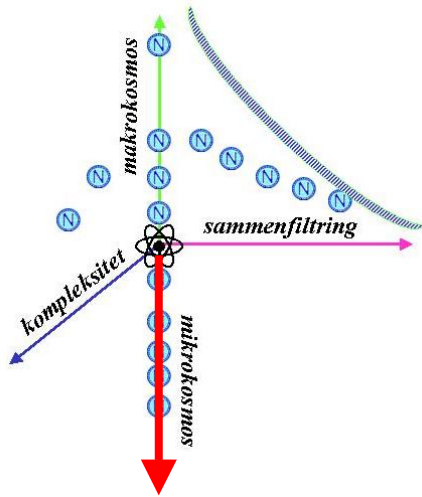


PET



Mikrokosmos ("smått")

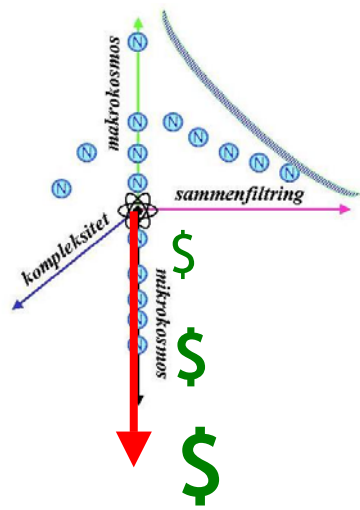
- I dag: **Standardmodellen** forklarer (nesten) alle eksperimentelle observasjoner



Kvarker	u	c	t
	d	s	b
Leptoner	ν_e	ν_μ	ν_τ
	e	μ	τ
	I	II	III

+ 3 fundamentale krefter

Menneskehetens største kulturelle prestasjon !?



Men:

- Standardmodellen forventet å være ufullstendig når mindre dimensjoner/ større energier studeres

[Hint: Nøytrinoet synes å ha en endelig masse]

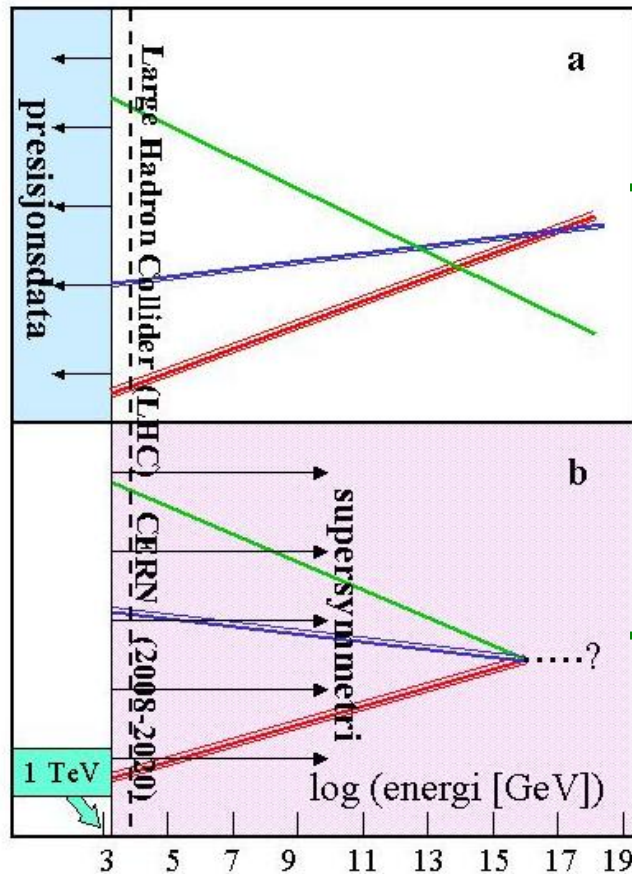
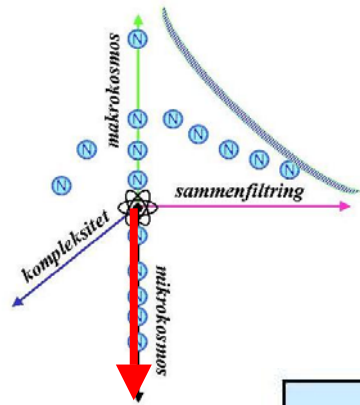
- Problem: smått er dyrt!

- Large Hadron Collider (LHC) på CERN.
 - på lufta i 2008(?)
 - vil teste ut jomfruelige energiområder



Åpent spørsmål:

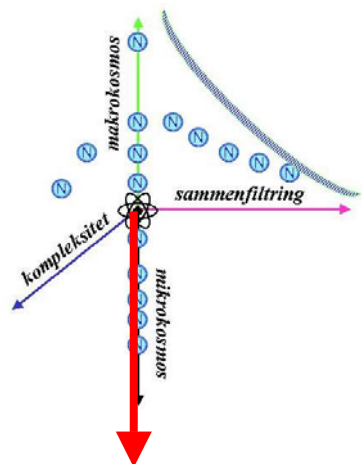
- Finnes det 1 urkraft? [*dvs. forenes alle krefter ved høy nok energi?*]



NEI; hvis vi bare har de partiklene vi hittil har funnet

JA KANSKJE; hvis de alle har superpartnere

Flere åpne spørsmål:



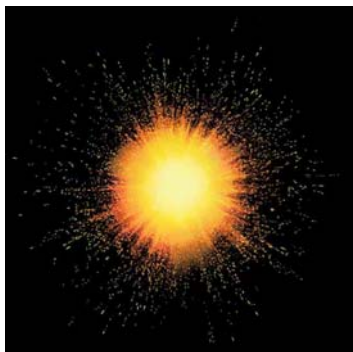
- Består alle partikler av ørsmå strenger (evt. "membraner") på Planck-skalaen ($\sim 10^{-30}\text{m}$)?
[strengteori vil kunne koble kvanteteori og gravitasjon]



- Hvis ja, hvordan skal vi få sjekket det med eksperimenter/observasjoner?

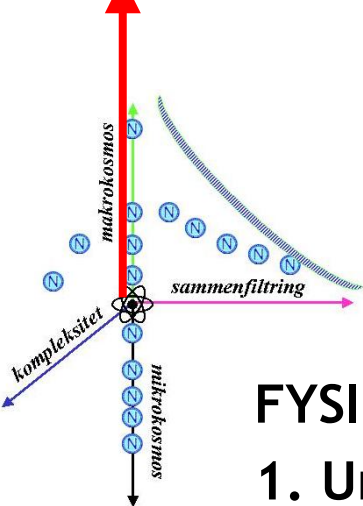
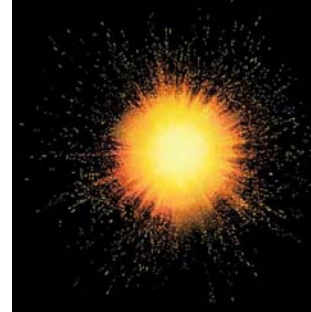
- Vanskelig å se for seg hvordan tilstrekkelige energier ($\sim 10^{19}\text{ GeV}$) kan oppnås i jordiske eksperimenter [*LHC*, $\sim 10^3\text{-}10^4\text{ GeV}$]

- Men naturen selv gjorde et slikt eksperiment for en tid tilbake ...



Makrokosmos ("stort")

- Tidløst spørsmål:
Hvordan startet alt sammen?



FYSIKKENS "SKAPELSESBERETNING":

1. Universet utvider seg
2. fra et varmt og tett Big Bang
3. hvor hydrogen og helium ble til.
4. Meget tidlig var det en inflasjonsfase
5. som forårsaket et tilnærmet "flatt" univers i dag.
6. Opphavet til strukturer er Gaussiske irregulariteter
7. som ble til på grunn av kvantefluktuasjoner under inflasjonsfasen.
8. Strukturenes dynamikk er dominert av kald mørk ikke-baryonsk materie (~23%),
9. men det meste av energitettheten (~73%) i universet skyldes "mørk energi" med sterkt negativt trykk.

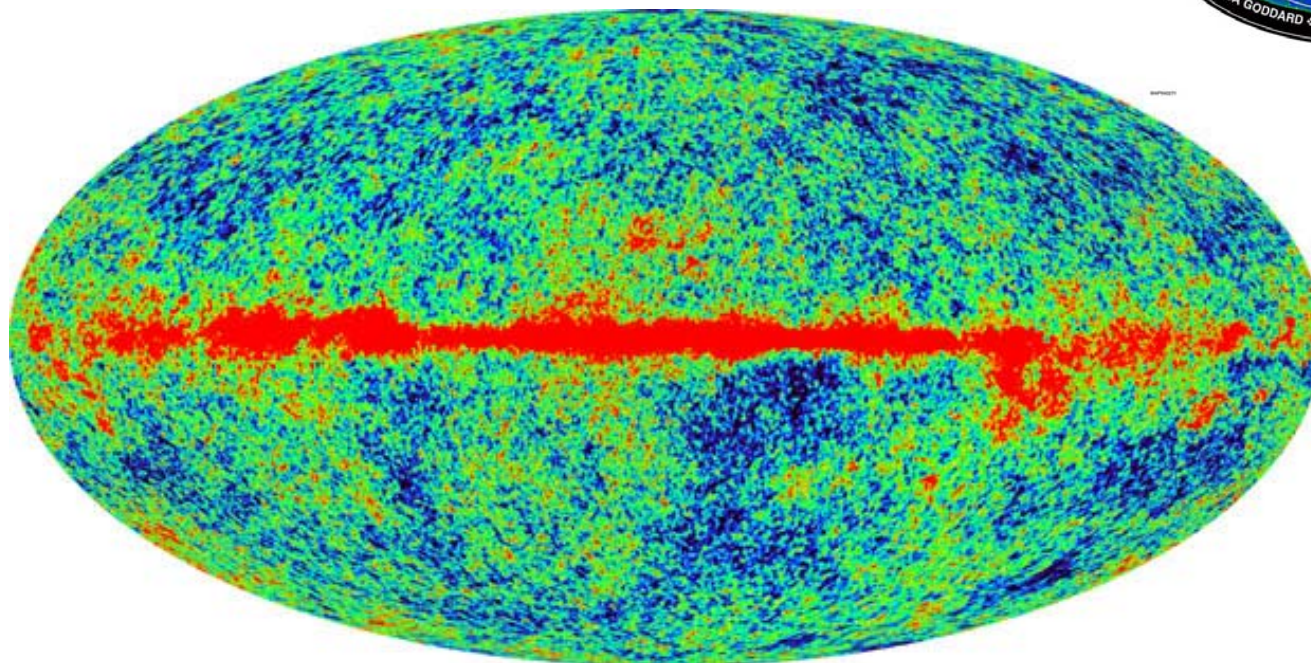
ØKENDE
SIKKERHET

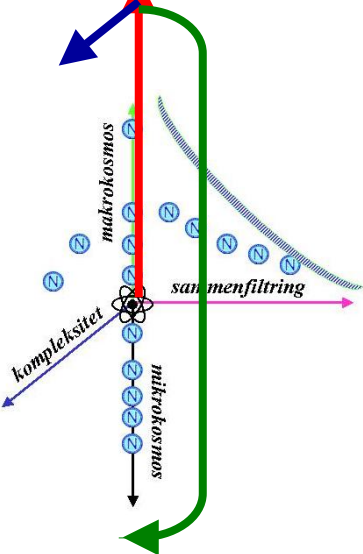


- Hvordan har vi funnet ut dette?

Bl.a. ved måling av bakgrunnstråling (sist: WMAP, 2001)

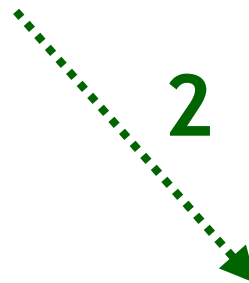
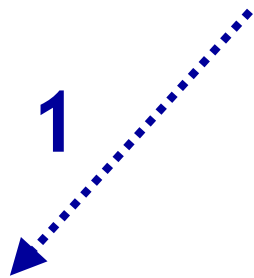
⇒ ”fingeravtrykk” av universet 380000 år etter Big Bang





- Hvis disse "postulatene" blir bekreftet (og nødvendige parametre bestemt):

Kosmologien deles i to



- **Bruk postulatene og kjente naturlover til å regne ut hvordan strukturene i Universet har utviklet seg siden 380000 år etter Big Bang**

- Hva skjedde i det "ultratidlige" univers?
- Hva er egentlig den mørke materien og den mørke energien?



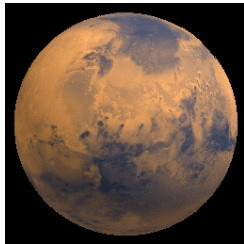
- *Finnes det flere univers?*
- *"Why is there something rather than nothing?"*

Liv i universet



- Finnes det liv andre steder enn på Jorden?

- Liv på Mars?

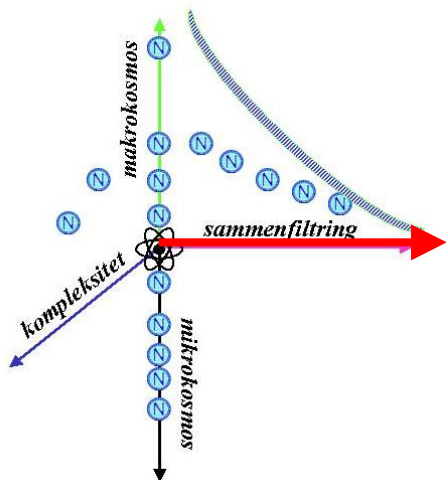


1996: "BEVIS" FRA
METEORITT FRA
MARS FOR AT
BAKTERIER LEVDE
DER FOR ~4 MILLI-
ARDER ÅR SIDEN-

- DARWIN (etter 2015): Vil kunne observere planeter a.la. Jorden (og måle O_2 og H_2O) opptil 30 lysår unna.
- SETI: Vil vi fange opp signaler fra intelligent liv fra det ytre rom?



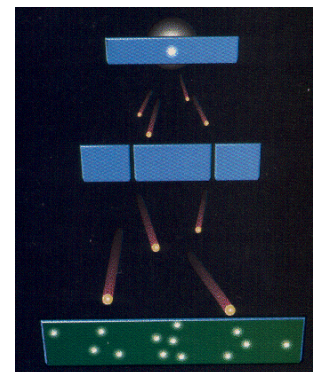
Sammenfiltrering



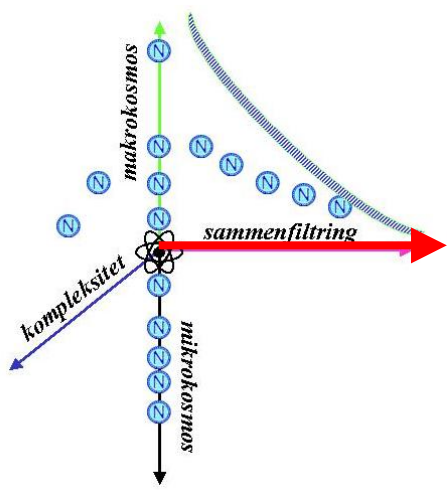
- Kvantemekanikken er både *matnyttig* og *subtil*

MATNYTTIG

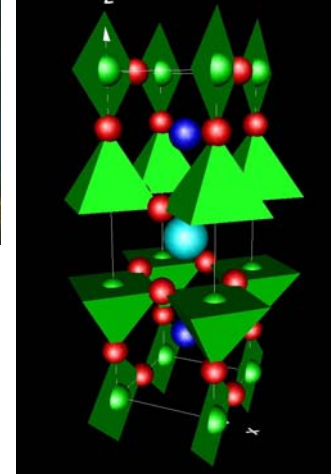
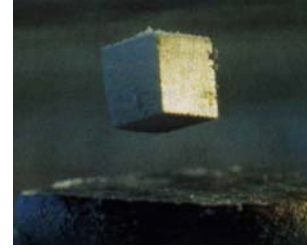
SUBTIL



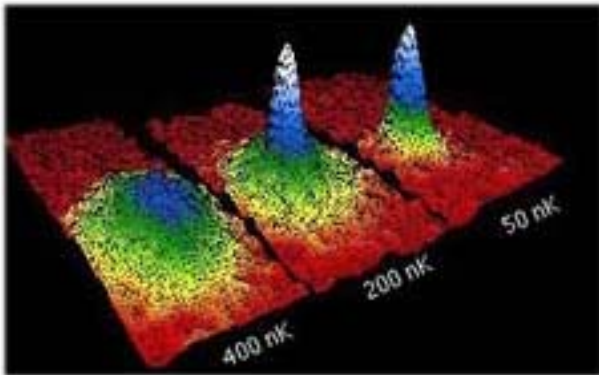
FREMOVER:



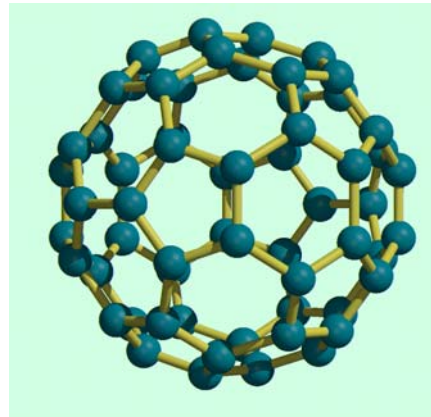
- Sterkt korrelerte fermionsystemer er fortsatt dårlig forstått (*f.eks., høy- T_c superledere*)



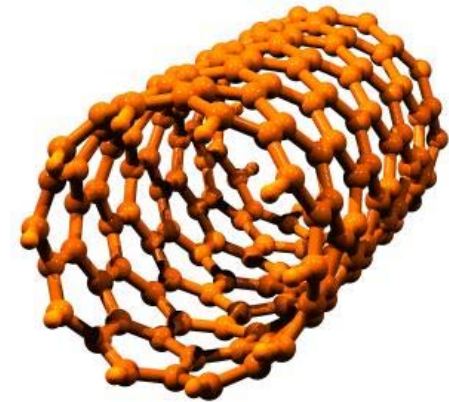
- Mange nye spennende utviklinger, f.eks.:

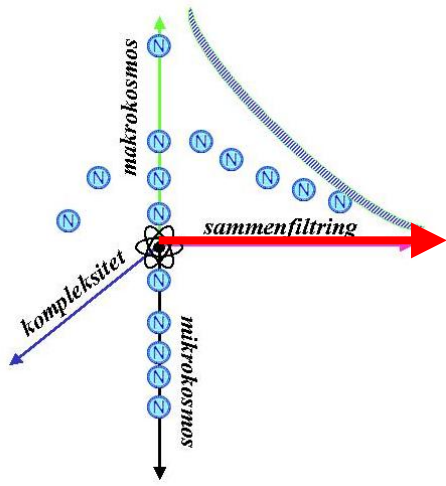


**BOSE-EINSTEIN
KONDENSASJON**



C₆₀, NANORØR,...





- KVIKK (*Kvanteinformasjon,- kommunikasjon, og - kalkulasjon*) :
Utnytting av sammenfiltrings-egenskapene til praktiske formål som, f.eks., ***beregning, kryptering,...***

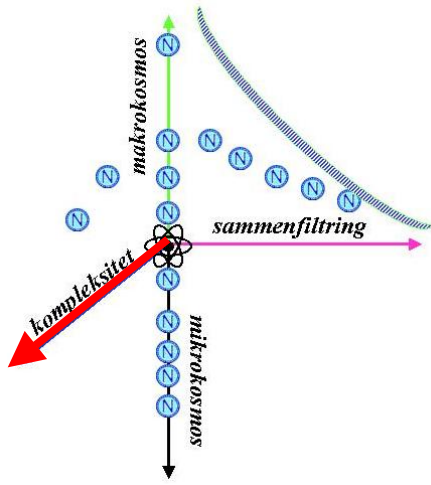
- Dagens ***serielle*** datamaskiner er logisk sett ***klassiske***: Sammenfiltrering er et problem ("crosstalk")



- KVIKK-maskiner: Sammenfiltrering utnyttes til ***parallellprosessering***.
Kvantealgoritmer ("software") allerede utviklet, men "hardware" er (i beste fall) under utvikling.



Kompleksitet



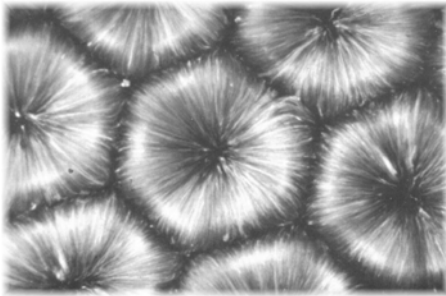
- Intuitivt: 1 liter vann er mindre kompleks enn 1 "liter" kattunge.

Hvorfor?



1 "liter" kattunge har mange flere forskjellige *makrotilstander*

- Komplekse strukturer oppstår ofte når systemer utsettes for ytre påtrykk:



RAYLEIGH-BENARD
KONVEKSJON



SPREKKDANNELSE



DENDRITTISK
VEKST

Biologiske systemer

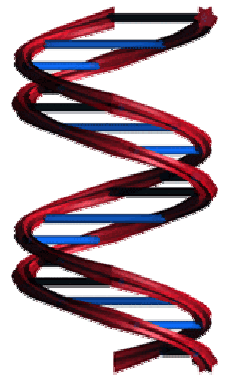
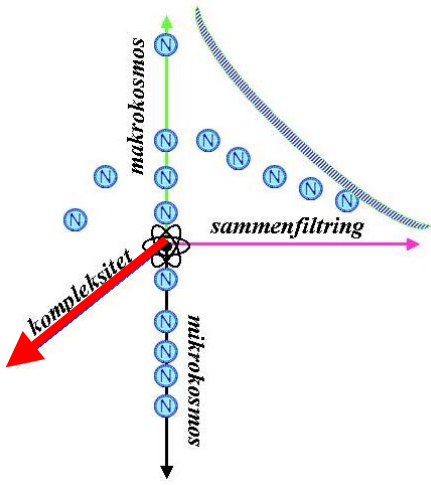
- Viktig klasse av komplekse systemer: Levende systemer

NOEN INTERESSANTE SPØRSMÅL:

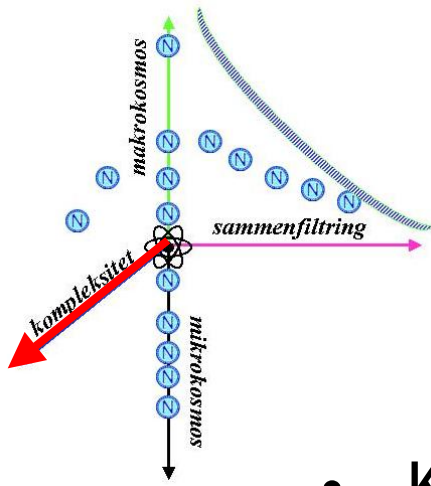
1. *Hvordan oppstod liv?*

2. *Hvordan koder DNA for utseende/oppførsel til en bakterie, et dyr eller en plante?*

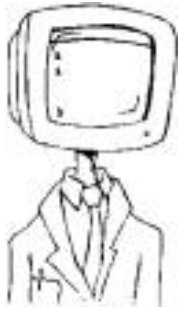
3. *Hvordan tenker man?*



Bevissthet

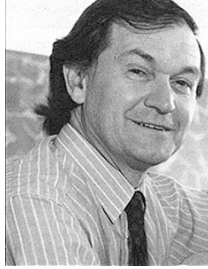


- Hvordan kan bevissthet oppstå i en samling atomer?
- Kan den subjektive oppfattelsen av bevissthet studeres vitenskapelig?
- Kan datamaskiner noen gang bli bevisste?
[Hvis ja, hvordan vil vi kunne finne det ut?]



Mankind is a catalyzing enzyme for the transition from a carbon-based to a silicon-based intelligence (G.Bricogne)

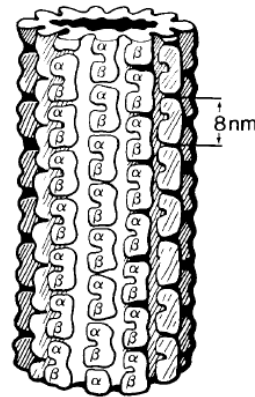
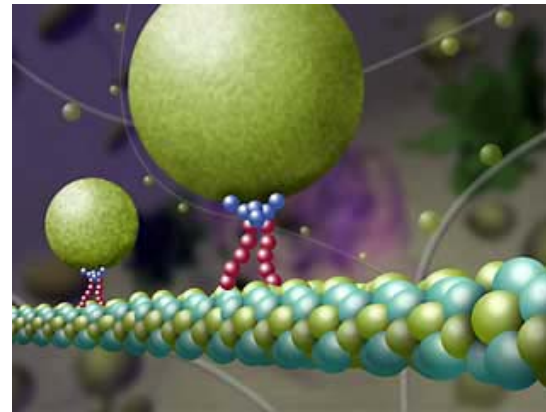
Roger Penrose: Spenstig ide om mental aktivitet hos mennesker:



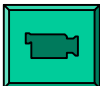
1. Hjernen er ikke en Turing maskin
 $\Rightarrow$ "kollaps" av kvantemekanisk bølgefunksjon eneste mulighet
2. Kollaps av bølgefunksjon er knyttet til den (uferdige) kvantegravitasjonsteorien

3. Hvor i nervecella er kvantemekanikken?

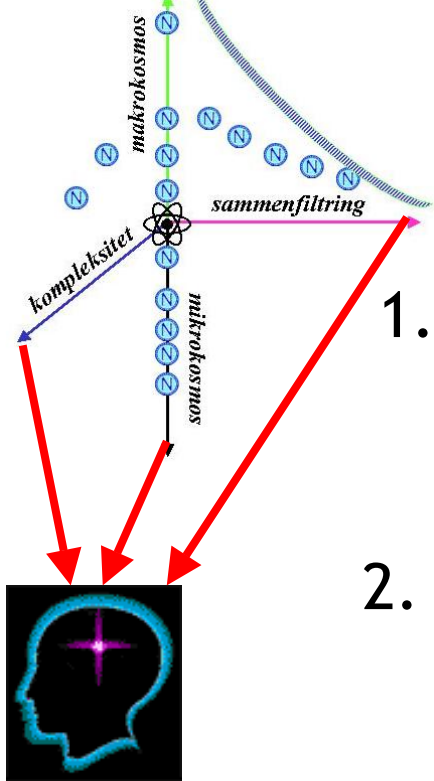
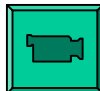
MIKROTUBULER

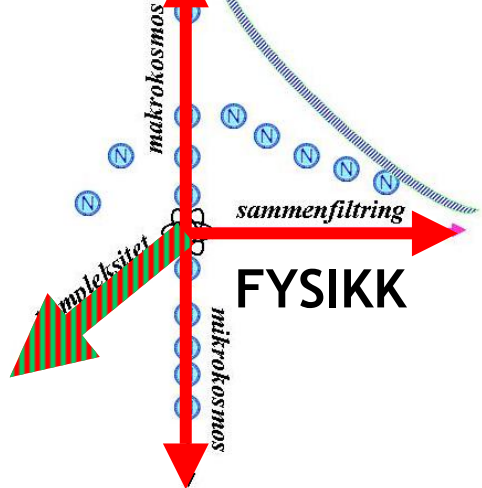


1

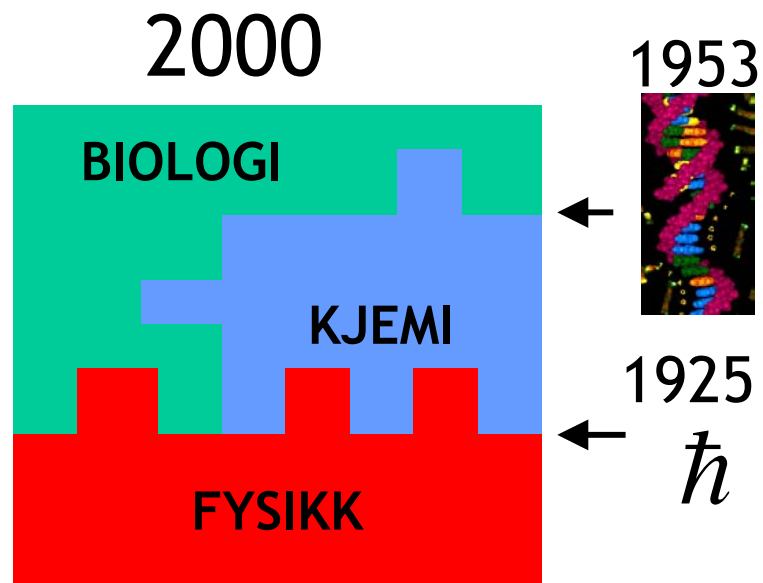
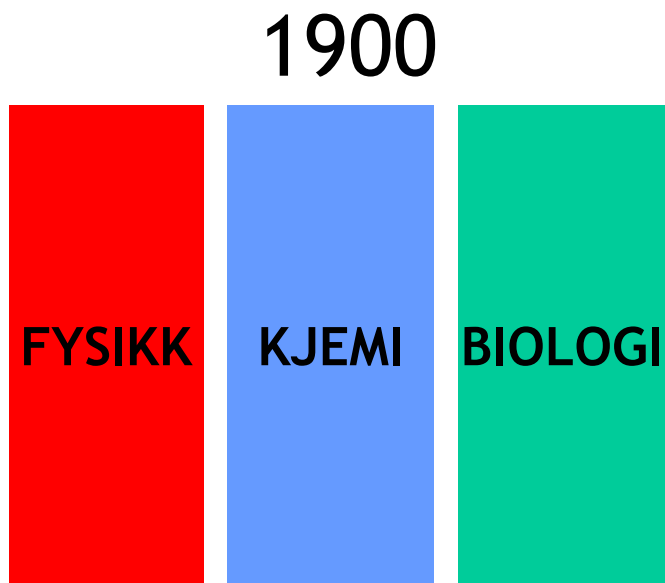


2

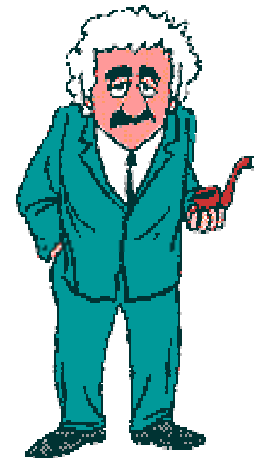




Sosiologiske endringer i naturvitenskapene



Hva er fysikk?



Alternativ 1:

Fysikk er læren om stoff og krefter

Alternativ 2:

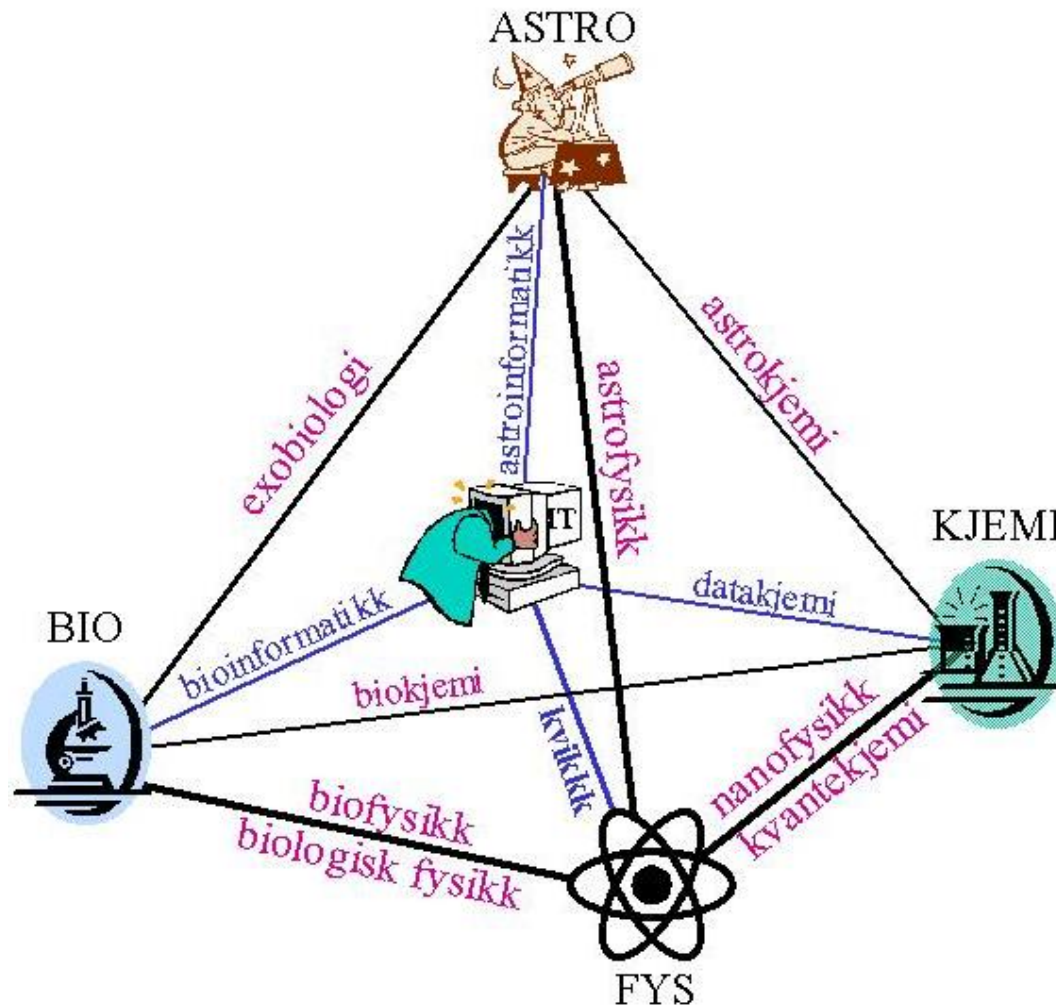
Fysikk er det som fysikere gjør!

- Fysikk kjennetegnes av forskning på naturen med tanke på utvikling av matematiske modeller
- Hvem er bedre trent til å gjøre dette enn fysikere?

NÅ OGSÅ:



På vei mot en felles naturvitenskap (igjen)?



SLUTT

