

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



مقدمات درس پدیده های بحرانی و نظریه میدانهای آماری

سید محمد صادق موحد

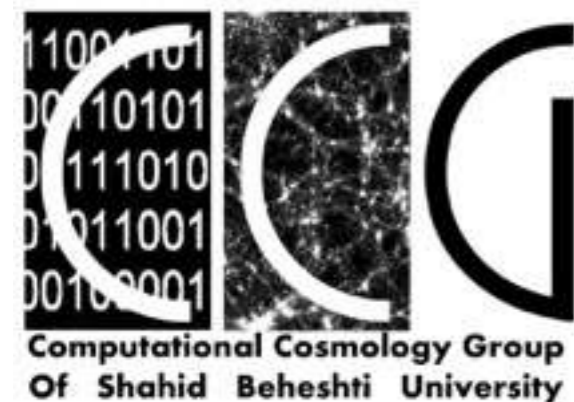
دانشکده فیزیک دانشگاه شهید بهشتی

گروه کیهانشناسی محاسباتی و آزمایشگاه سیستم های پیچیده

smovahed.ir

ccg.sbu.ac.ir

نیم سال اول سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴



Part 1

The website of course

وبسایت درس

MAIN MENU

- Home
- Awards
- About Me
- Contact me
- Research Interests
- Publications
- **Students**
- Courses
- Talks & Presentations
- Useful Stuff
- Group Meetings
- My CV
- Collaborations
- Other Activities
- Photo
- Login
- پرسی (Persian)

Seyed Mohammad Sadegh Movahed Academic Homepage

News

 My program in the Fall semester (1401-1402 (2022-2023)) ([Download](#))

My weekly meeting will be found in <http://ccg.sbu.ac.ir/weekly-meetings/>

General information regarding scientific projects in my group (نظام موضوعات پژوهشی در گروه علمی من) ([Download](#))

Current topics in my group ([Complex systems part](#) & [Cosmology part](#))

[Some proposed Books for the relation between Physics and Philosophy.](#)

Ibn-Sina Lab (COMPLEX SYSTEMS LAB) needs your helps and your scientific contributions (see also Extra news 13): There are some Undergraduate and graduate projects to do, Those who are interested in collaborating on this project call me and send CV for further investigation.

For more information see ([Download](#)), See also a short movie for ICTP's School ([Download](#)), Visit also ([Homepage](#))

For those, who are interested in using Ibn-Sina Lab ([Download](#))

 **Extra News 1:** [Read more](#)

Workshop on Topological based Data Analysis

(2 and 3 Shahrivar 1401)

About Me



Tomb of Cyrus the great (Pasargadae, IRAN)



Professor of Physics,

<http://facultymembers.sbu.ac.ir/movahed/>

MAIN MENU

- Home
- Awards
- About Me
- Contact me
- Research Interests
- Publications
- Students
- **Courses**
- Talks & Presentations
- Useful Stuff
- Group Meetings
- My CV

Critical Phenomena and Statistical Fields Theory (Fall 2022)

Friday, 23 September 2022 00:00

Critical Phenomena and Statistical Fields Theory for Ph.D. and M.Sc. students (Fall 2022)

This course is devoted to Critical Phenomena, Phase Transition and Statistical Field Theory

Some topics to teach are as follows:

- Thermodynamic Limit
- Finite size effects
- Phase transition
- Mean Field theory
- Renormalization Group
- Operator Product Expansion

<http://facultymembers.sbu.ac.ir/movahed/>

Part 2

The Roadmap and Benefits

Course Program

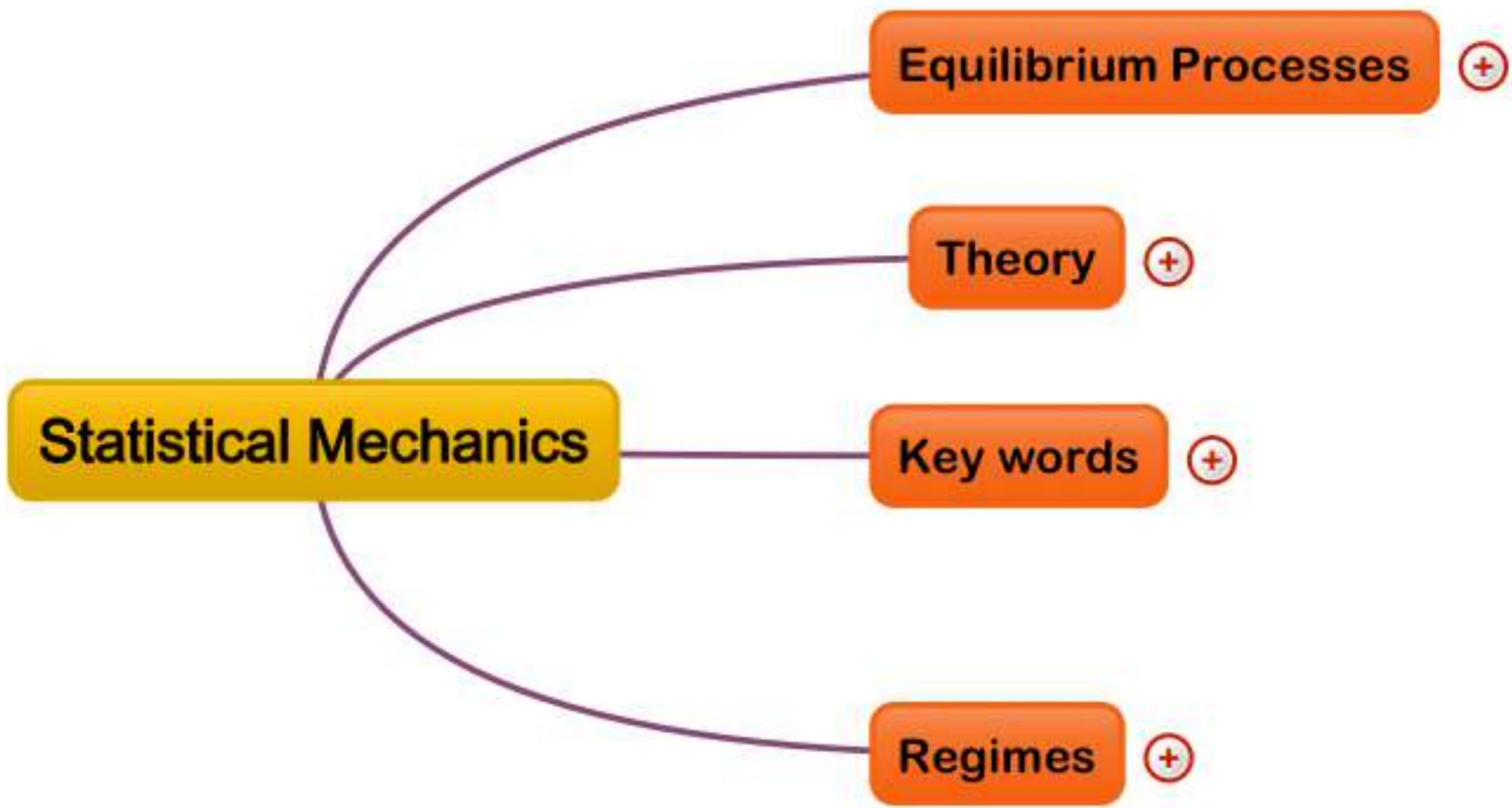
<http://facultymembers.sbu.ac.ir/movahed/>

Some relevant references in my webpage
برخی از منابع مندرج در وبسایت درس

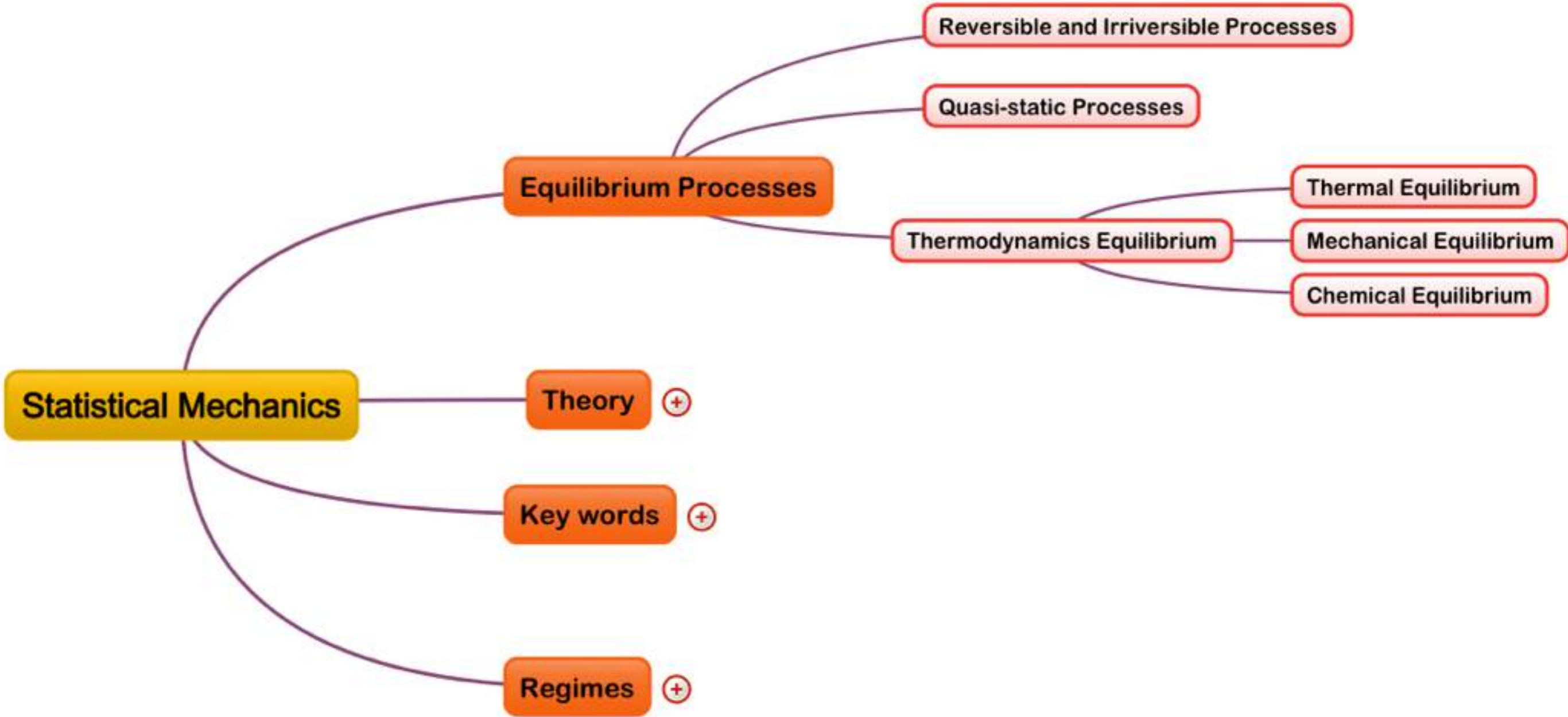
smovahed.ir

Road map for Statistical mechanics (Recall)

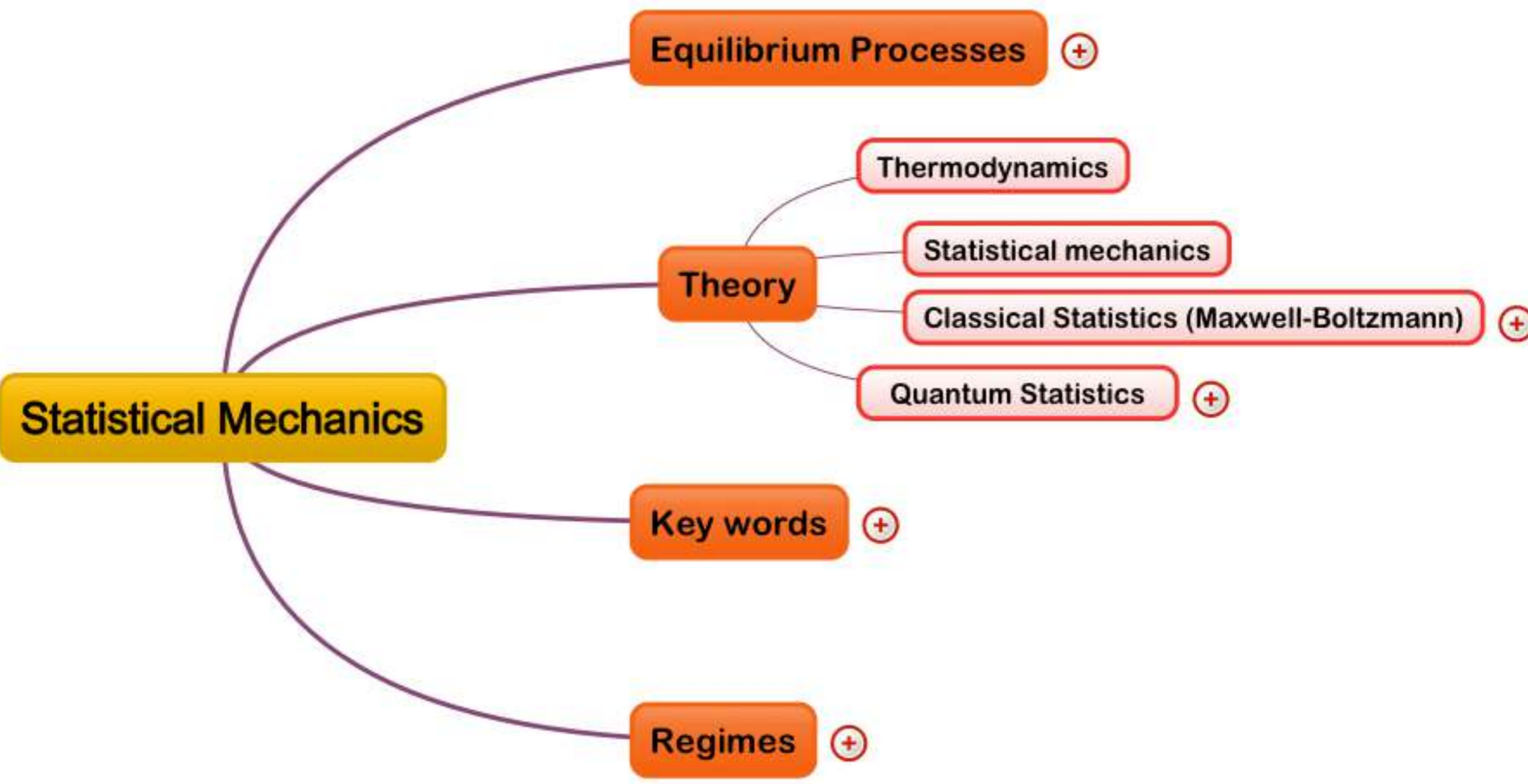
road map I



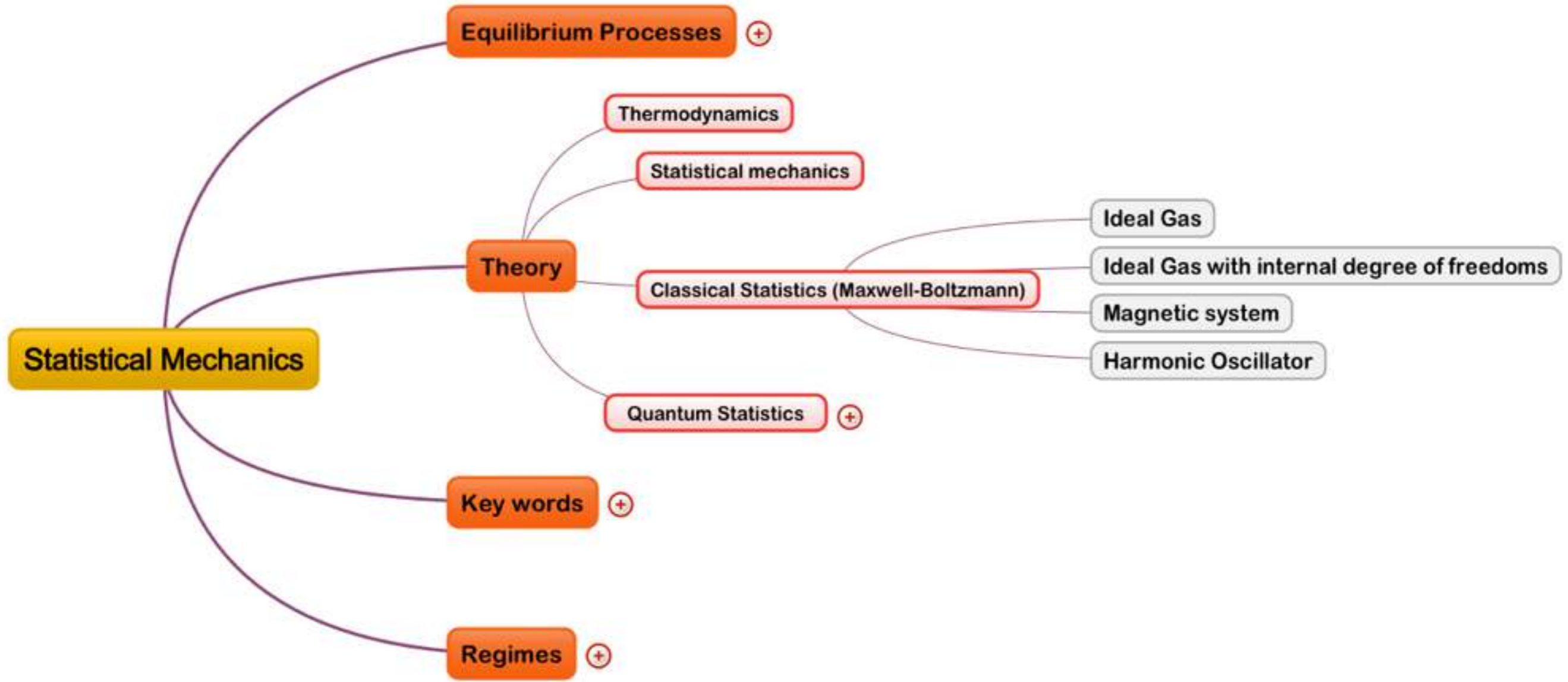
road map 2



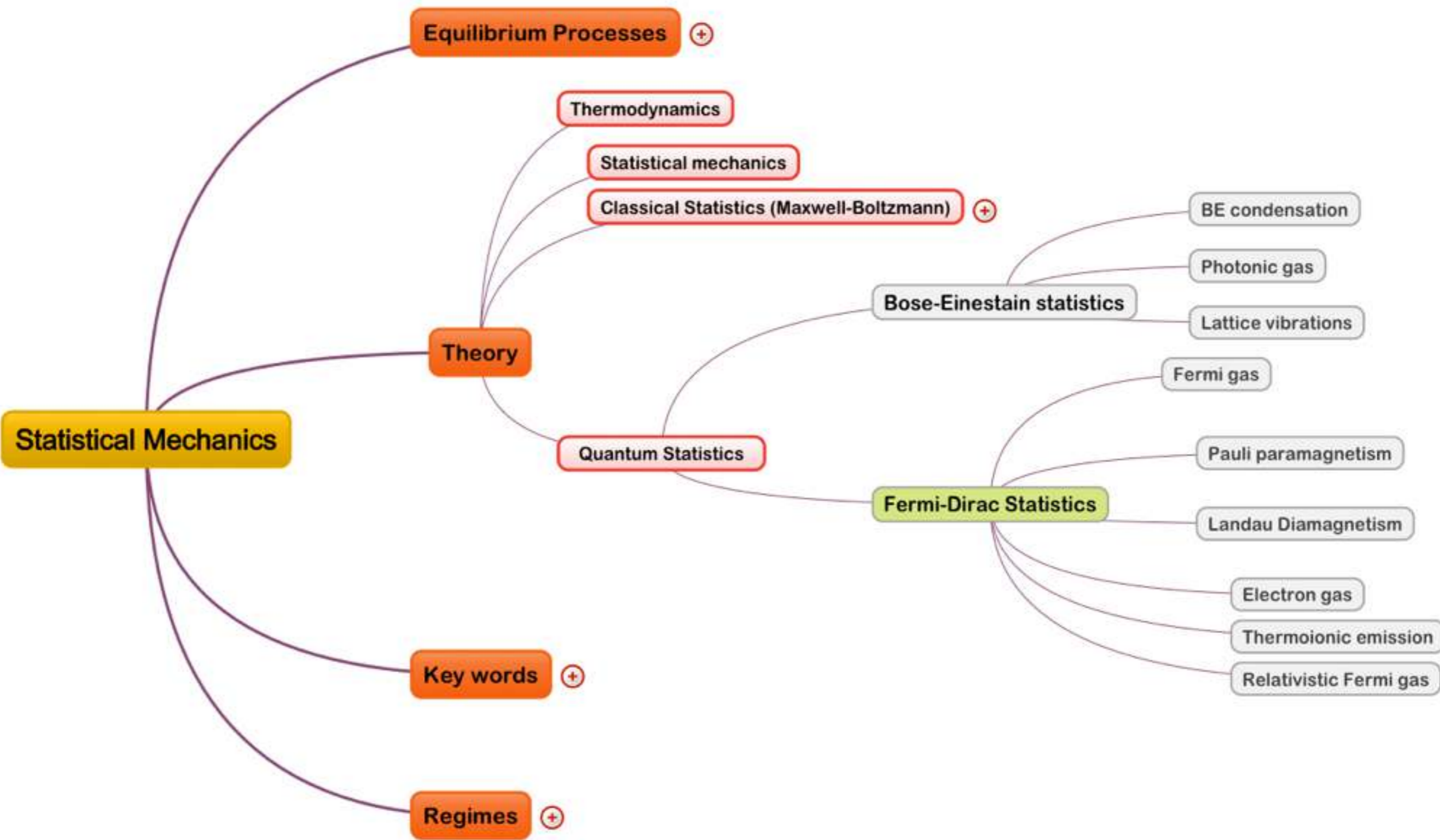
road map 3



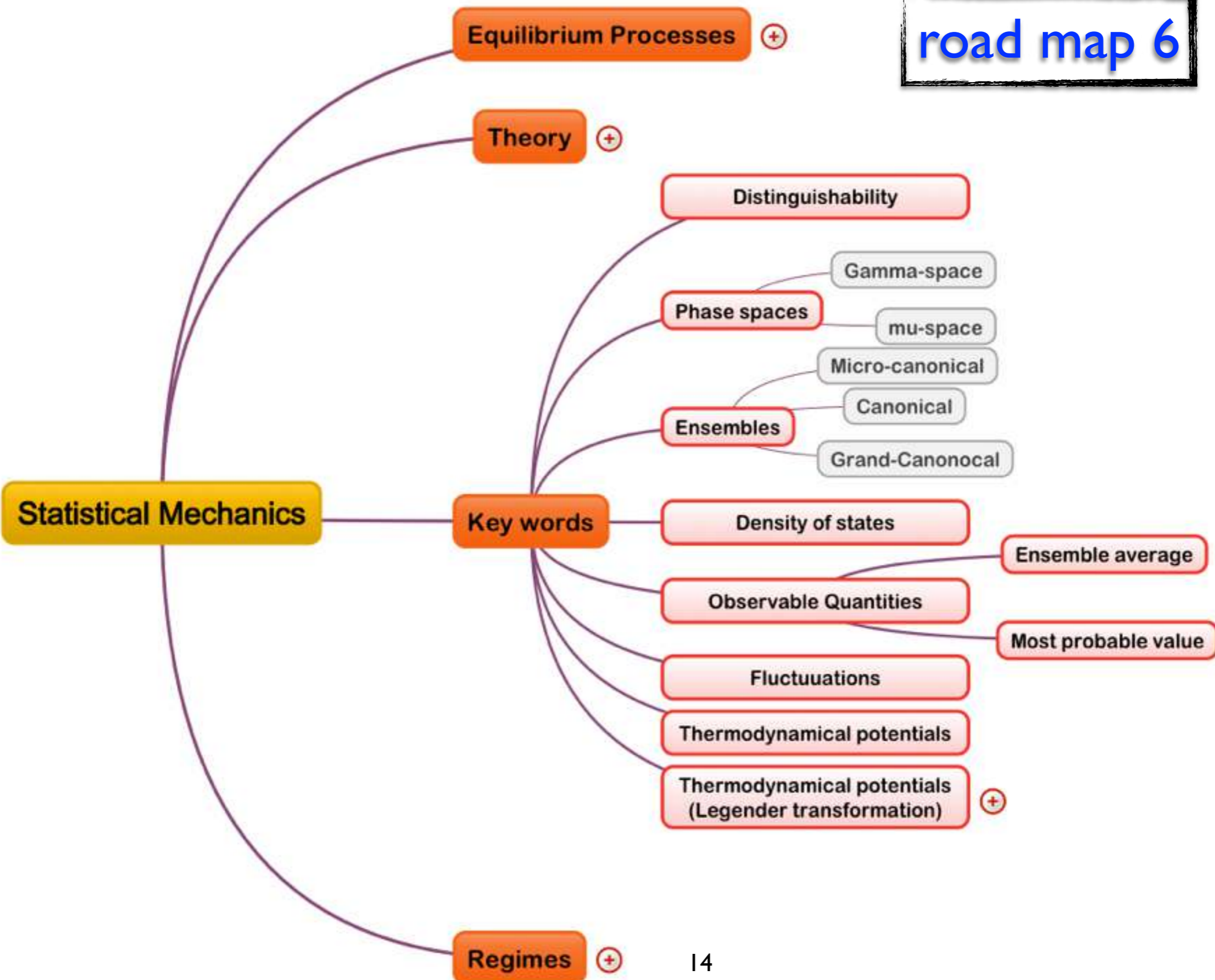
road map 4



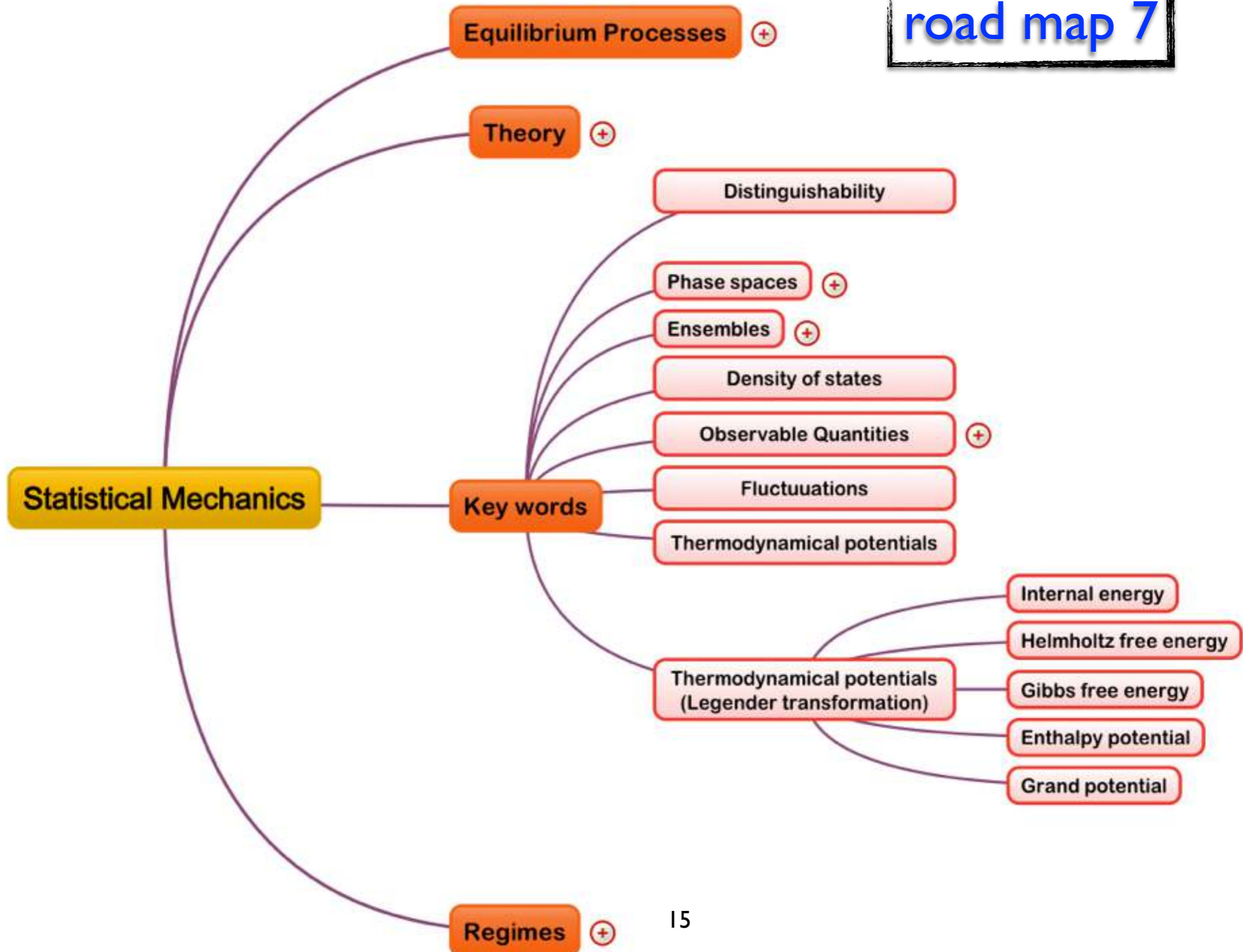
road map 5



road map 6



road map 7



road map 8

Statistical Mechanics

Equilibrium Processes



Theory



Key words



Regimes

Non-interacting systems

Interacting systems

Classic vs. Quantum

Relativistics vs. Non-relativistics (ultra-relativistics)

Collisional vs. non-collisional

Degenerate vs. non-degenerate

**What type of questions can
be answered by learning
Statistical mechanics?**

(نگاه توسعه ای به یادگیری)

**What questions would
be answered?
(Statistical Mechanics)**

**Therodynamics (How?)
but what about (What? and Why?)** ⊕

**Many-Body systems
(10^{23} coupled motion equations)** ⊕

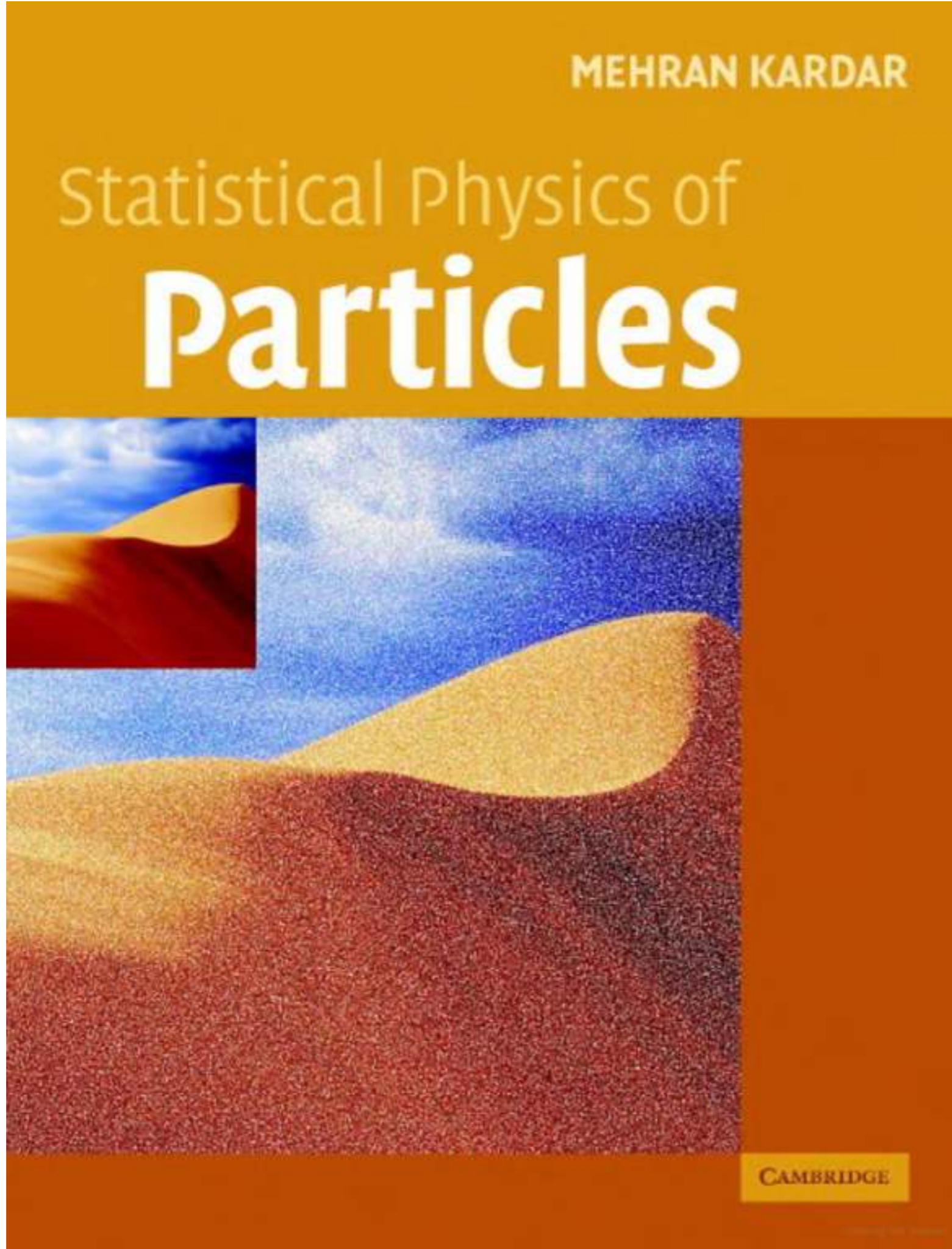
Effective theory and marginalization ⊕

Phase transitions ⊕

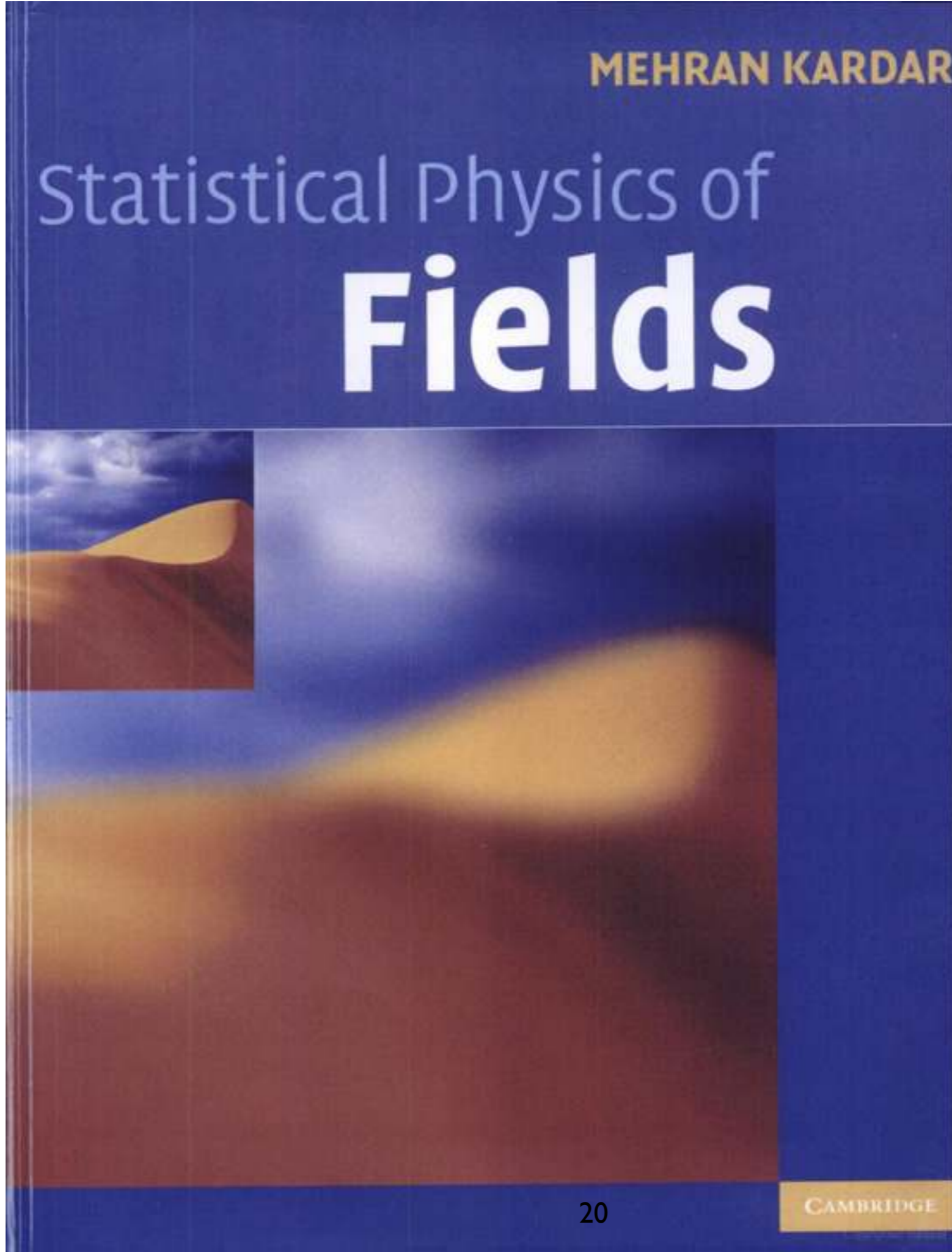
**Starting with similar particles (sub atomic scales)
with completely different behaviours at macroscopic scales!** ⊕

**Non-equilibrium processes
(Probabilistic and stochastic notions)** ⊕

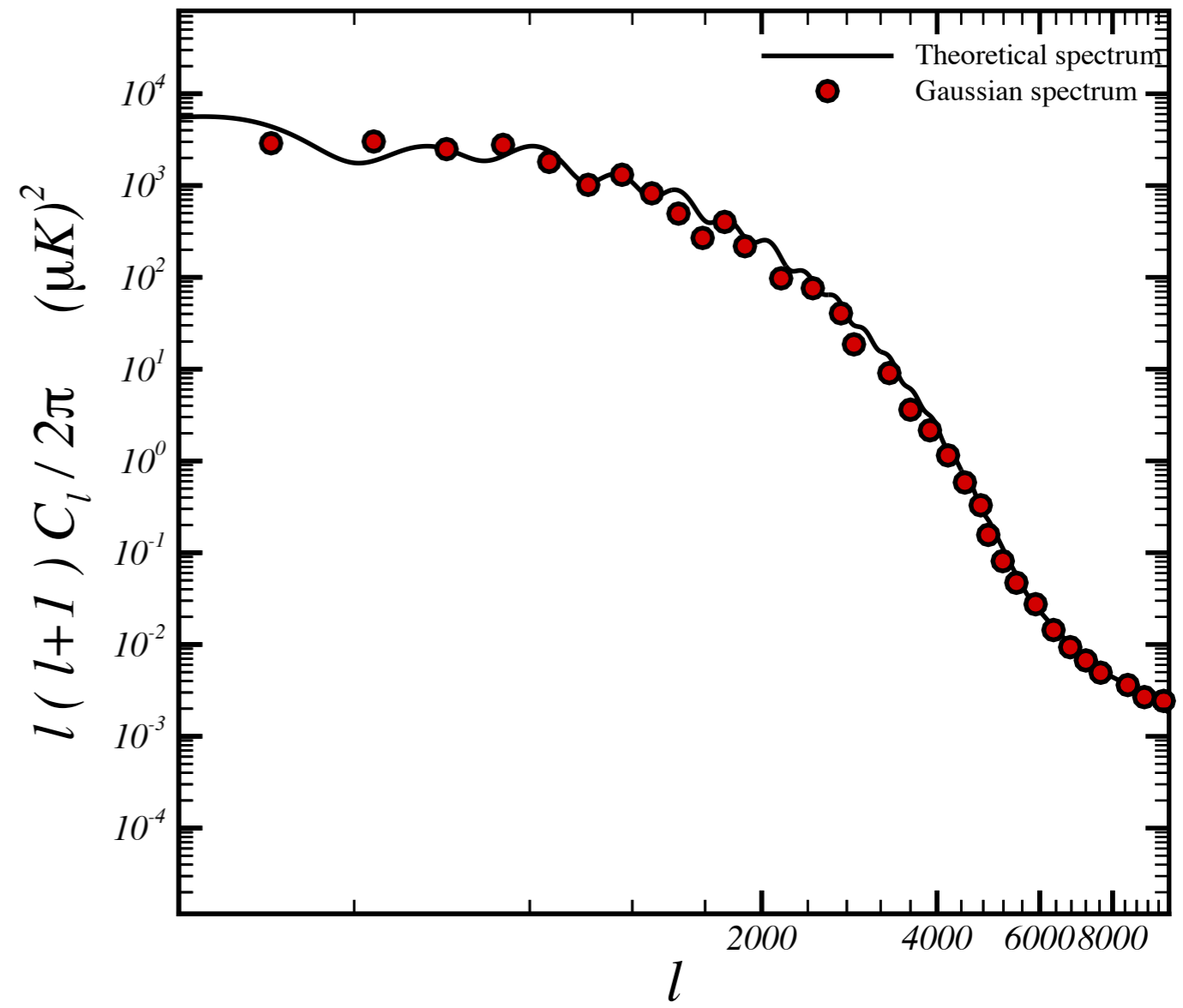
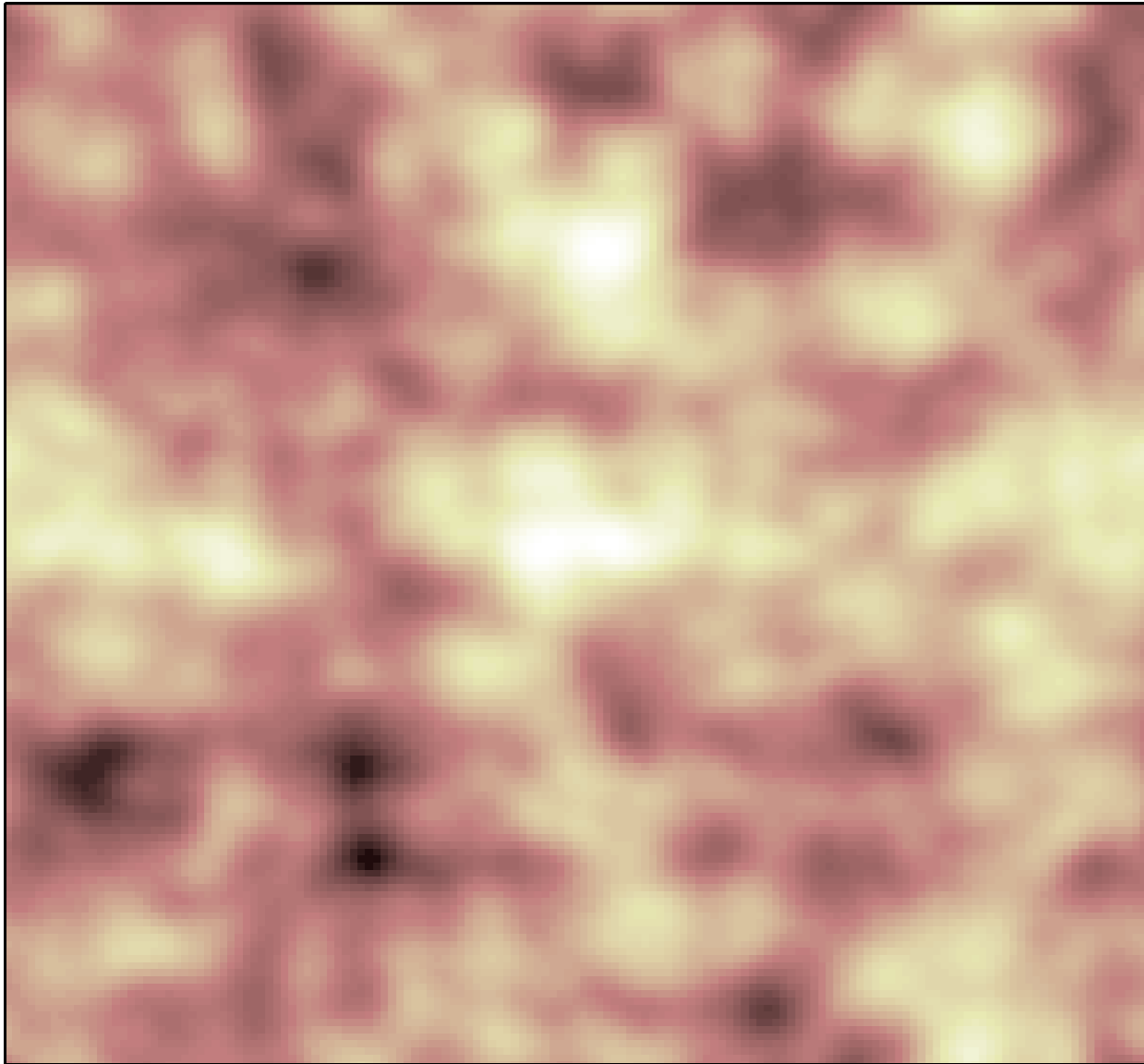
Kardar, Mehran. Statistical physics of particles. Cambridge University
.Press, 2007



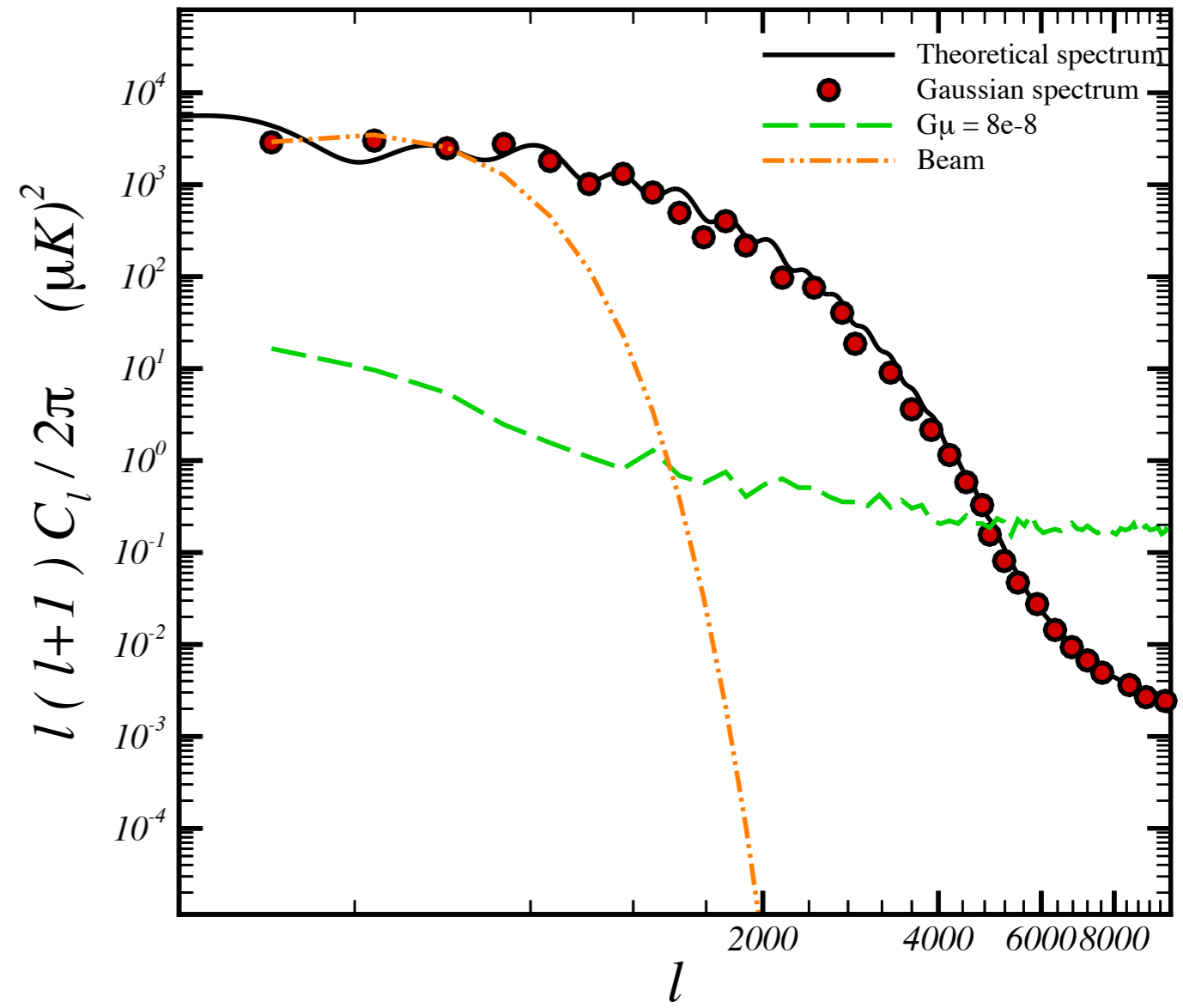
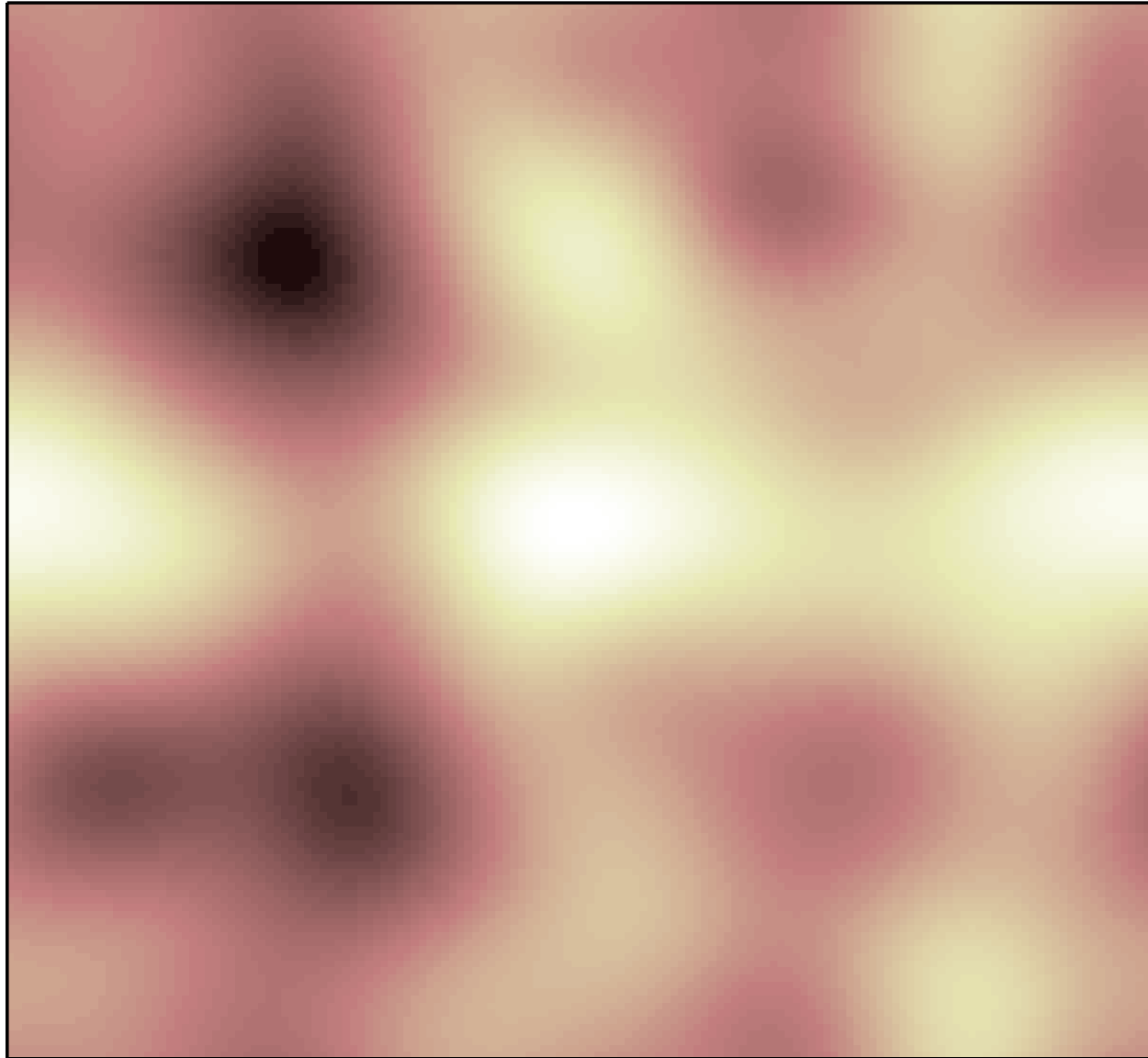
Kardar, Mehran. Statistical physics of fields. Cambridge University
.Press, 2007



G



GB



Road map: Statistical field theory and Critical Phenomena

**Statistical field theory and
critical phenomena
(What we will learn)**

```
graph LR; A[Statistical field theory and critical phenomena (What we will learn)] --- B[Review on Thermodynamics and Statistical Mechanics]; A --- C[Key words]; A --- D[Mean Field Theory]; A --- E[Ising model]; A --- F[Effective theory]; A --- G[Dynamical Critical Exponents]; A --- H[Renormalization Group (RG)]; A --- I[Operator Product Expansion (OPE)];
```

**Review on Thermodynamics
and Statistical Mechanics**



Key words



Mean Field Theory



Ising model



Effective theory



Dynamical Critical Exponents

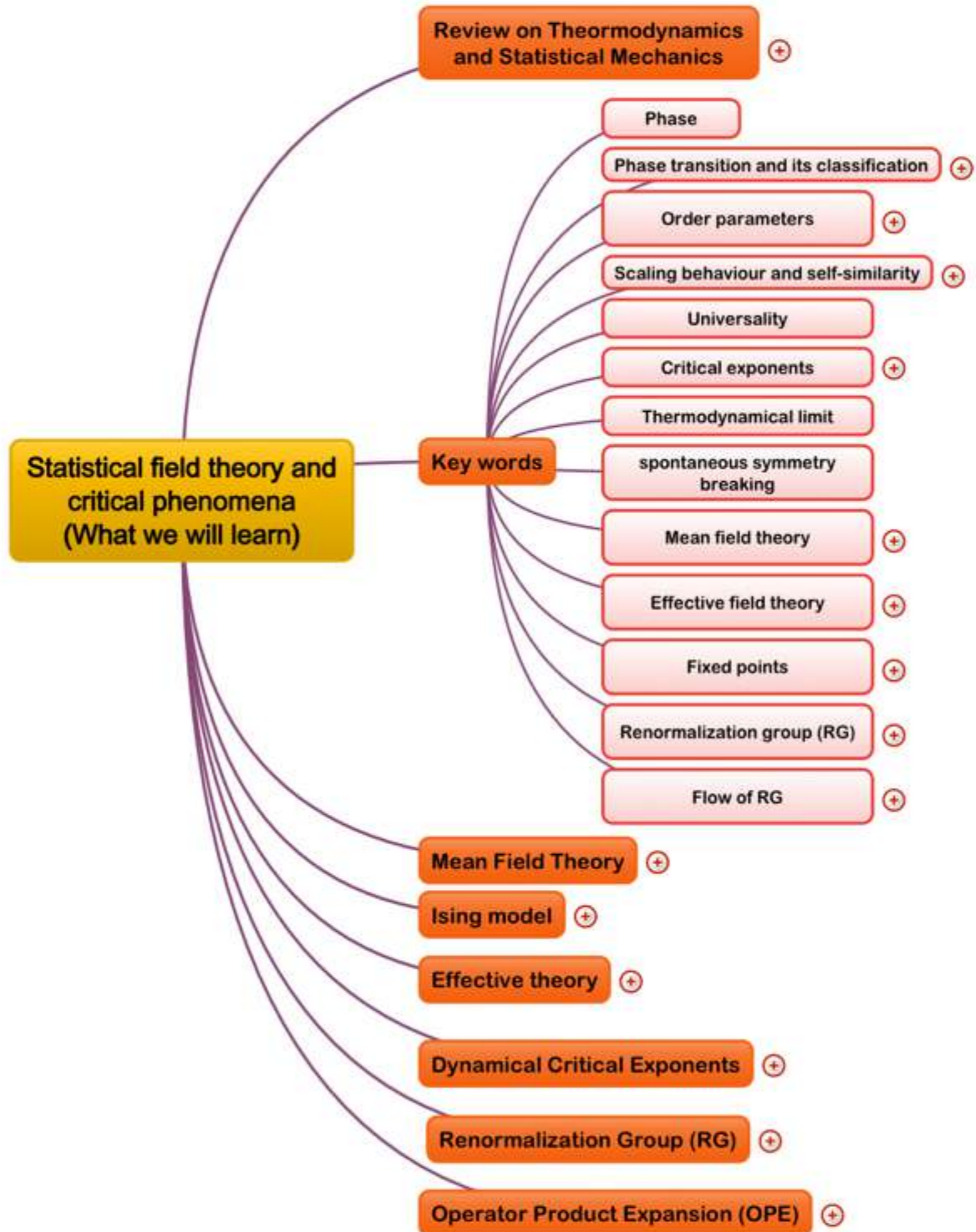


Renormalization Group (RG)



Operator Product Expansion (OPE)





**What type of questions can
be answered by learning
Critical Phenomena**

(نگاه توسعه ای به یادگیری)

Main questions would be answered?

Discriminating of Phase Transition

Determining critical exponents

Universality classes

Non-Perturbative and Perturbative RG

یک سوال مهم:

انگیزه دستیابی به علم و دانش و البته
دانش فنی

برخی از آیات ترغیبی

در حدود ۱۰ درصد آیات قرآن انسان را به تدبیر و تفکر در طبیعت فرامیخواند
در حدود ۷۸۰ آیه از قرآن در کلمه علم به کار رفته است

سوره زمر

هَلْ يَسْتَوِي الَّذِينَ يَعْلَمُونَ وَالَّذِينَ لَا يَعْلَمُونَ إِنَّمَا يَتَذَكَّرُ أُولُوا الْأَلْبَابِ ﴿٩﴾

آیا کسانی که اهل علمند با کسانی که نمی دانند یکسانند؟ برآستی تنها خردمندان
متذکر این مطلبند

سوره فاطر

إِنَّمَا يَخْشَى اللَّهَ مِنْ عِبَادِهِ الْعُلَمَاءُ إِنَّ اللَّهَ عَزِيزٌ غَفُورٌ ﴿٢٨﴾

از میان بندگان تنها مردمان عالم و دانا مطیع و خداترسند برآستی خدا عزیز
و بخشنده است

جلد یک مجله علمی در دوران طلایی اسلام



بحار الانوار، ج ۱، ص ۱۸.

بحار الانوار، ج ۱، ص ۱۷۷

بحار الانوار، ج ۱، ص ۹۷.

نهج الفصاحة، ج ۲، ص ۶۶۵.

(۱) معرفت الهی آسان شود

(۲) باعث اقتدار، اعتلا و آسایش جامعه

استراتژی علمی در دوران طلایی اسلام

(~8th- ~14th a.c.)

آنچه که من انجام داده ام چیزی است که بر هر انسانی واجب است آن را در فن خود عمل کند. یعنی کوششهایی را که پیشینیان وی برای پیشرفت آن فن متحمل شده اند را با سپاسگزاری بپذیرد و اگر متوجه لغزشها و اشتباهاتی از گذشتگان شود آنها را بی پروا تصحیح کند ... و آنچه را در آن صناعت بر او آشکار می شود ثبت و ضبط کند تا برای آیندگان جاودان بماند.

ابداً خویشتن را محدود به آنچه قدمای ما به آن پرداختند نکنیم و سعی نماییم آنچه را که می توان تکمیل کرد تکمیل کنیم

از مقدمه تحدید نهایات الاماکن

ابوریحان بیرونی

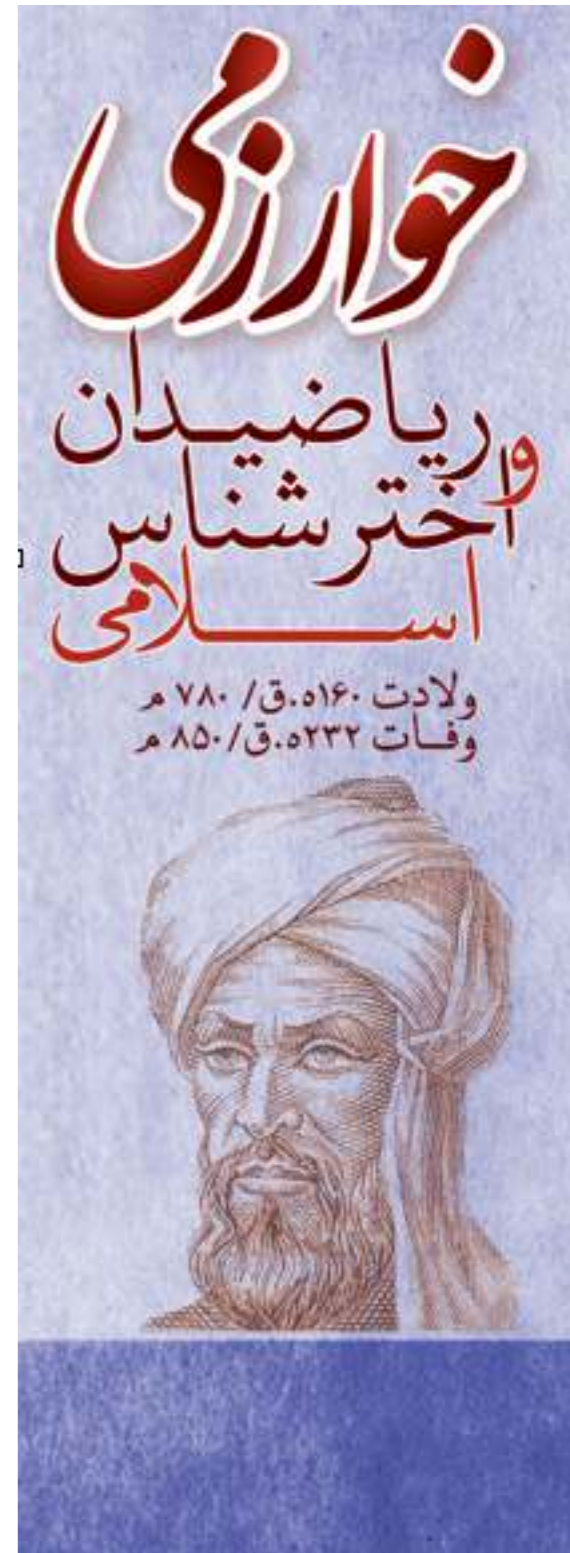
۱۳ شهریور ۳۵۲ خورشیدی

۹۵۶ میلادی

استراتژی علمی در دوران طلایی اسلام

مردم دانشور کسانی هستند که اشکالات و آشفتگی های آثار پیشینیان خود را در می یابند. پس این اشکالات را برطرف می کنند و آشفتگی ها را سامان می بخشند. آنان با خوش بینی به کار پدیدآورندگان این آثار می نگرند و بر آنان خرده نمی گیرند و از اینکه متوجه اشتباه دیگران شده اند بر خویش نمی بالند.

از مقدمه کتاب الجبر و المقابله



انگیزه مطالعه (علاوه بر موارد پیش گفته)

❖ بشر کنجکاو است بداند که از کجا آمده و به کجا میرود. خلاصه اینکه میخواهد بیشتر بداند

❖ مشکلات جهان زیر اتمی (درون ماده) و بزرگ مقیاس (کهکشانی و خوشه های کهکشانی)

(۱) قوانین مکانیک کلاسیک مطلق یا نسبی
(بزرگ مقیاس)

(۲) تابش و ماده یا موجی و ذره بودن
(ریز مقیاس)

(مکانیک) مطلق یا نسبی (بزرگ مقیاس)

چرا قوانین مکانیک نیوتنی فقط از یک دستگاه لخت به
دستگاهی دیگر ناوردا است؟ ولی الکترومغناطیس چنین نیست؟
چرا باید مرجع مرجع داشته باشیم؟
اثر چیست؟

(۱) نسبیت خاص

(۲) نسبیت عام ۱۹۱۷

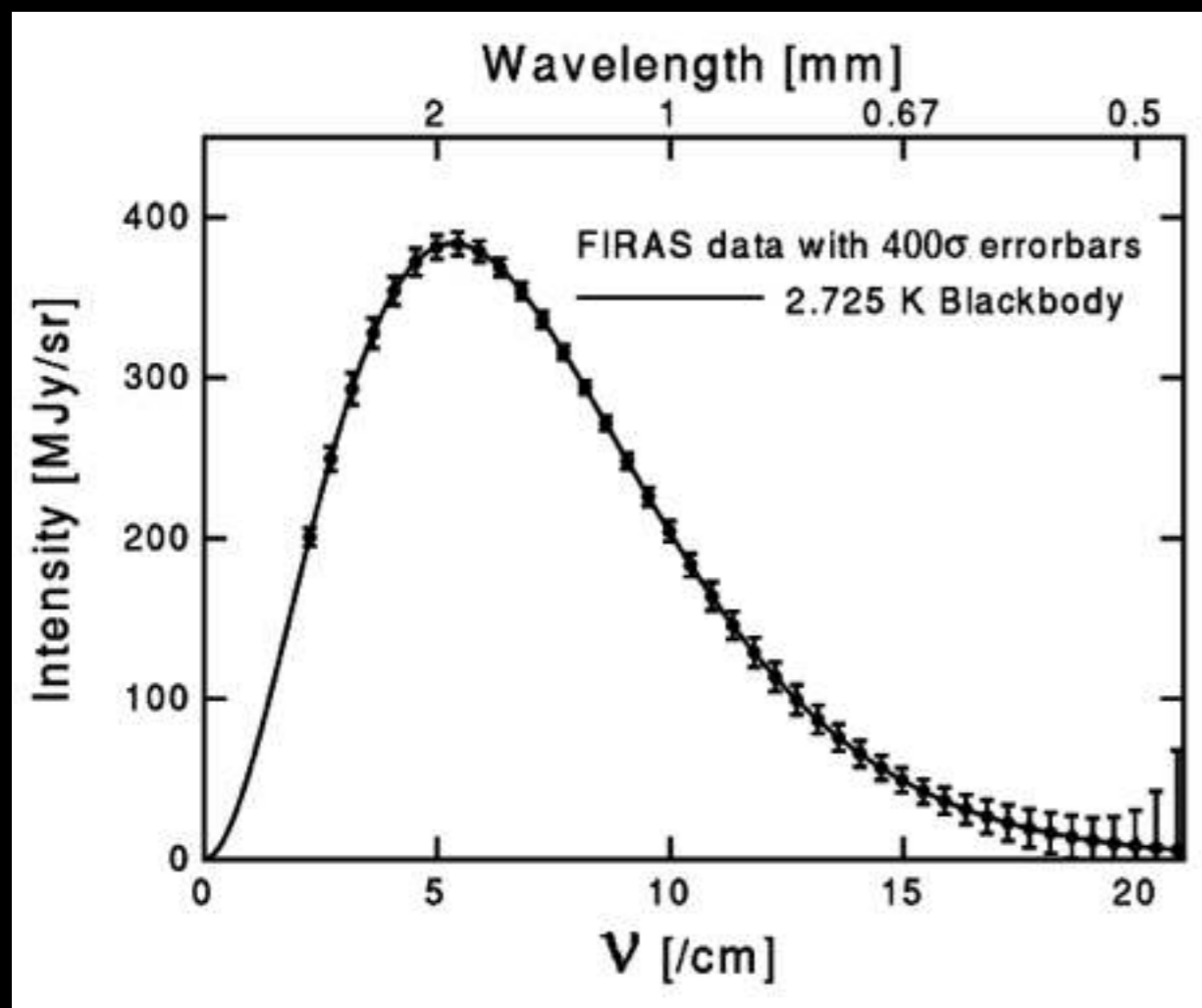
داستان مربوط به نیروی گرانش

ماده-فضا-زمان

نسبی بودن در مقابل مطلق بودن

تابش و ماده (ریز مقیاس)

تابش جسم سیاه : شکست فیزیک کلاسیک برای توصیف منحنی طیف فوتوالکتریک : نظریه ذره ای بودن نور



نظریه فیزیک کوانتومی
۱۹۲۵

بعد از آن هم نظریه میدانهای کوانتومی پدید آمد

جهان زیر اتمی

تصویر ناپذیری حوادث اتمی

ناموضعیّت

علیت

جهان بزرگ مقیاس

گرانش کوانتومی

عناصر سازنده عالم

ابعاد اضافی

نظریه وحدت بزرگ

GUT

چند کلیدواژه

- علم (Science): کشف روابط میان پدیده ها در جهان طبیعت، مجموعه ای از یافته های منسجم و نظام یافته شامل مشاهده؛ بررسی و طبقه بندی واقعیات ذهنی و عینی و ارتباطات بین پدیده ها که منجر به شناخت و درک طبیعت می شود. (چیستی و چرایی)
- دانش فنی (Technology): دارای ماهیتی علمی و با هدف بکارگیری مستقیم اصول و قوانین علمی به منظور دستیابی به ثروت و ارزش افزوده است. (چگونگی)
- علم بزرگ (کلان) (Big Science)
- همگرایی علم و فناوری (Convergence of Science & Technology)

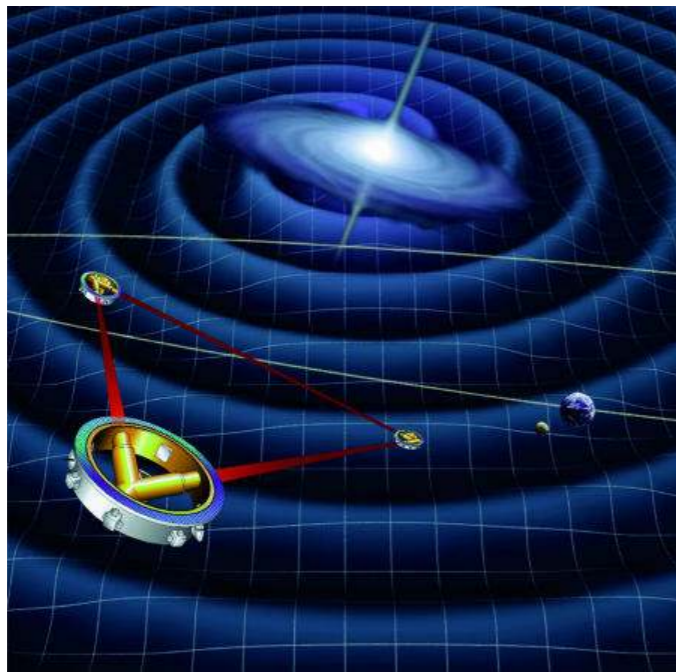
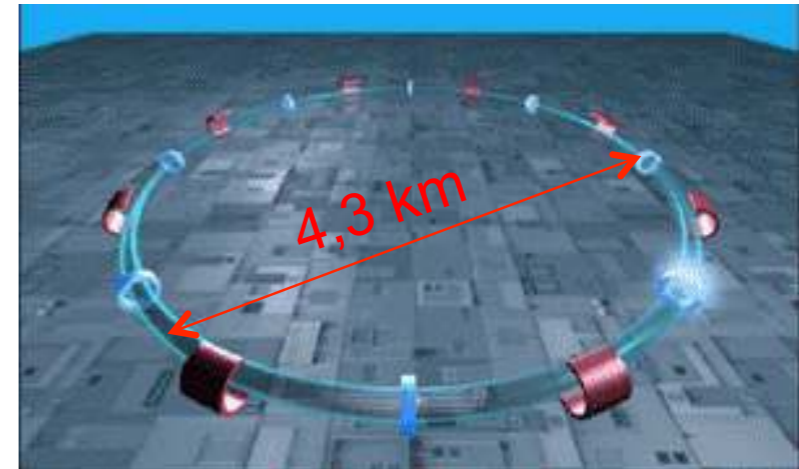
BIG Science

cost: $\sim \$10^{10}$

time: \sim decade

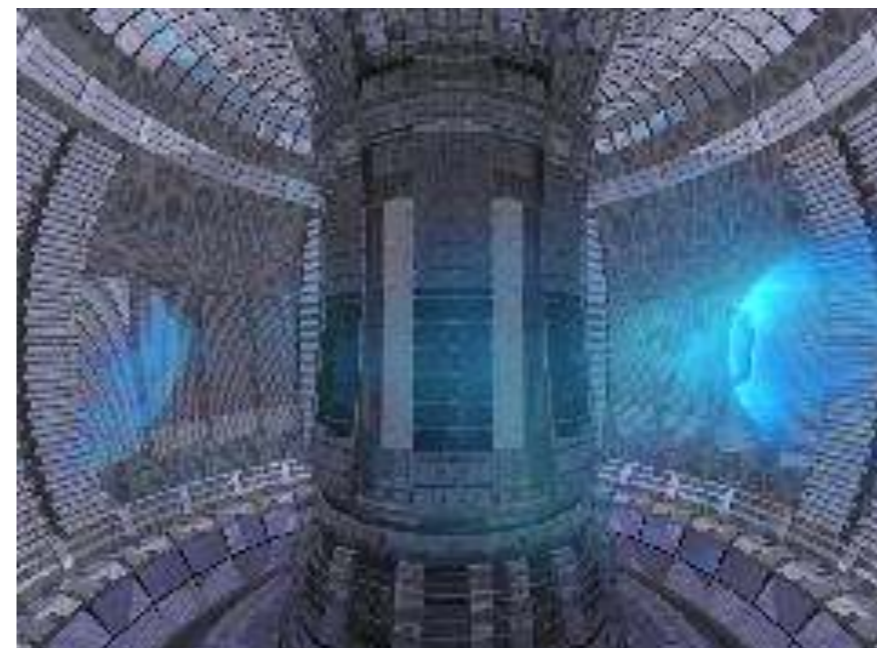
scientists: 1000s

LHC: Large Hadron Collider
to search for Higgs particle



LISA: 3 satellites
to detect gravity waves

ITER: international
tokamak (fusion power)



Hands-on table-top science

cost: ~\$1000

time: ~year(s)

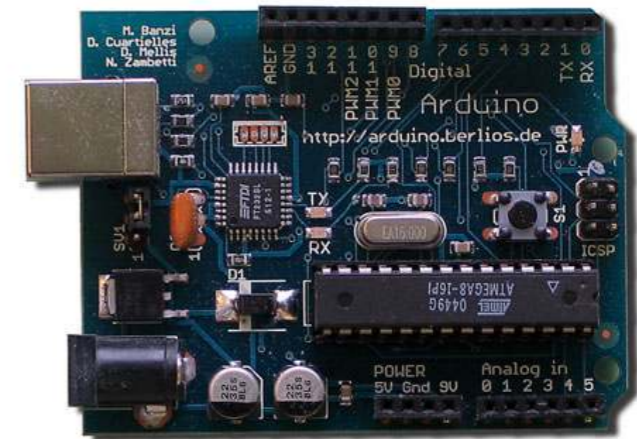
scientists: ~few

- Inexpensive instrumentation***

webcam
\$60



Arduino
\$30



- Inexpensive computation***



1 TB
\$100



MATLAB®



همگرایی علم و فناوری

Convergence of Science and Technology

William S. Bainbridge
Mihail C. Roco
Editors

Handbook of Science and Technology Convergence

 SpringerReference

همگرایی علم و فناوری بیشتر از معنی ساده اجتماع میان رشته ای برای حل مسایل سخت است. به جای آن یک رابطه موثر بین موضوعات علمی شکل می گیرد.

It requires development of new concept, new methodologies, new design, and collaboration that bridge across fields. Thus convergence not only brings together all the fields of science and technology but also unites them with society.

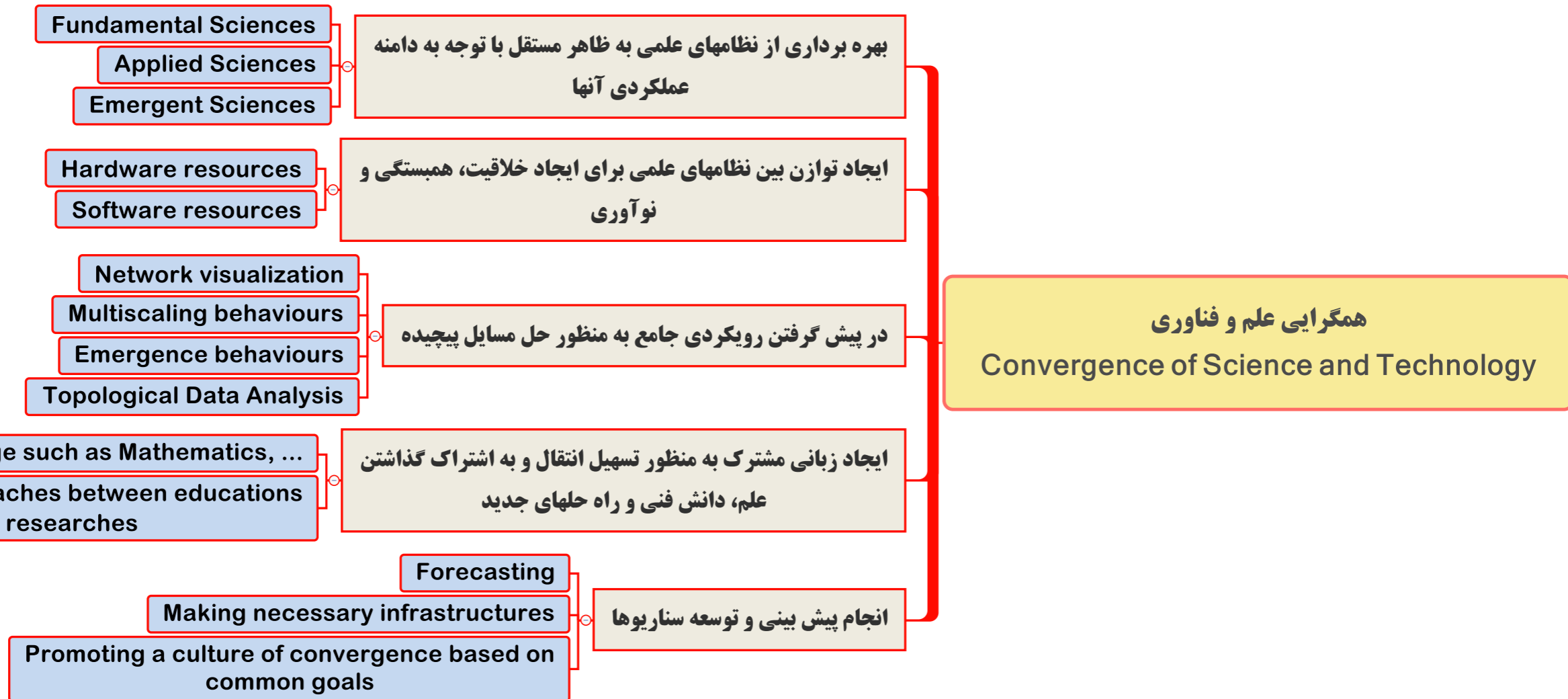
The initial vision focused on the four “NBIC” fields: Nanotechnology, Biotechnology, Information technology, and new technologies based on Cognitive science.

همگرایی علم و فناوری
Convergence of Science and Technology

- (۱) مفهومی ورای مفهوم فعالیت های میان رشته ای
- (۲) به لحاظ تاریخی، در بازه طولانی از تمدن بشریت تکنولوژی یا دانش فنی مبتنی بر تجربه بر دانش پیشی داشت.
- (۳) برای مثال ترمودینامیک قوانین کاملاً تجربی بدون اینکه به لحاظ پایه ای بشر “چرایی” را در مورد آنها بررسی کند اما “چگونگی” با اهداف رفاهی پیشی گرفت.
- (۴) البته در دوران طلایی اسلام شواهدی وجود دارد که این انسجام را بهتر نشان می دهد!

همگرایی علم و فناوری

Convergence of Science and Technology



علم فیزیک

- علم شناخت و مطالعه کمی جهان طبیعت (نه جهان خلقت) با کمک زبان ریاضی (زبان علم و تجهیزات)
- به بیانی دیگر شناخت فرآیندها و سازوکارهای موجود در طبیعت

برخی از شاخه‌های خروجی

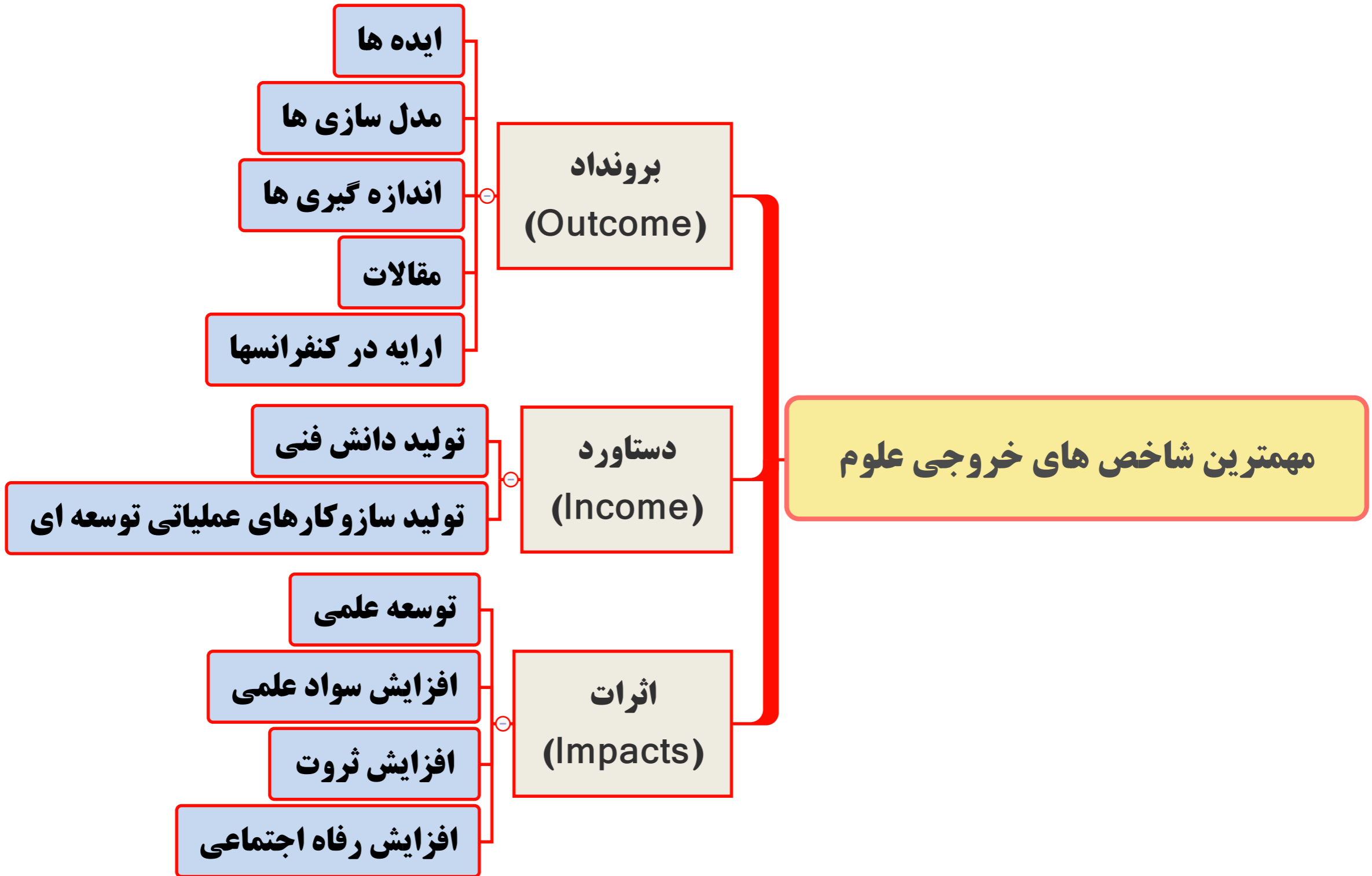
برونداها (فرآیندی پویا و خلاق)

علم فیزیک

اثرات

دستاوردها

شاخص های خروجی



جهان خلقت

سوره انسان

إِنَّا خَلَقْنَا الْإِنْسَانََ مِنْ نُّطْفَةٍ أَمْشَاجٍ نَّبْتَلِيهِ فَجَعَلْنَاهُ سَمِيعًا
بَصِيرًا ﴿2﴾

ابتدا

ميانه

انتهای

چرخه روش شناسی علمی

چرخه روش شناسی علمی

مبثنی بر اصول موضوعه
و توصیف های پدیده شناختی

مدلهای نظری

چرخه روش شناسی علمی

مبتنی بر اصول موضوعه
و توصیف های پدیده شناختی

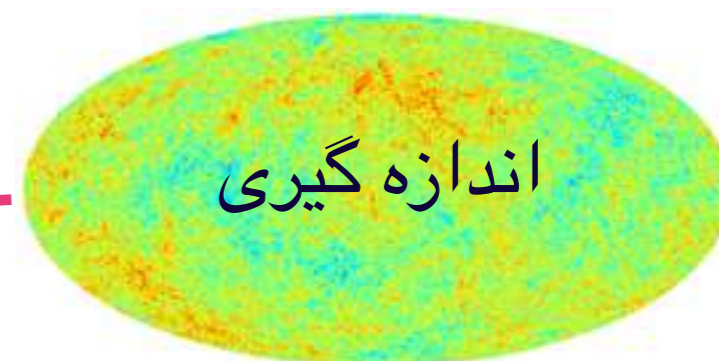
مدلهای نظری

مبتنی بر انجام آزمایشها
و اندازه گیری مشاهده پذیرها

اندازه گیری

چرخه روش شناسی علمی

مبتنی بر اصول موضوعه
و توصیف های پدیده شناختی

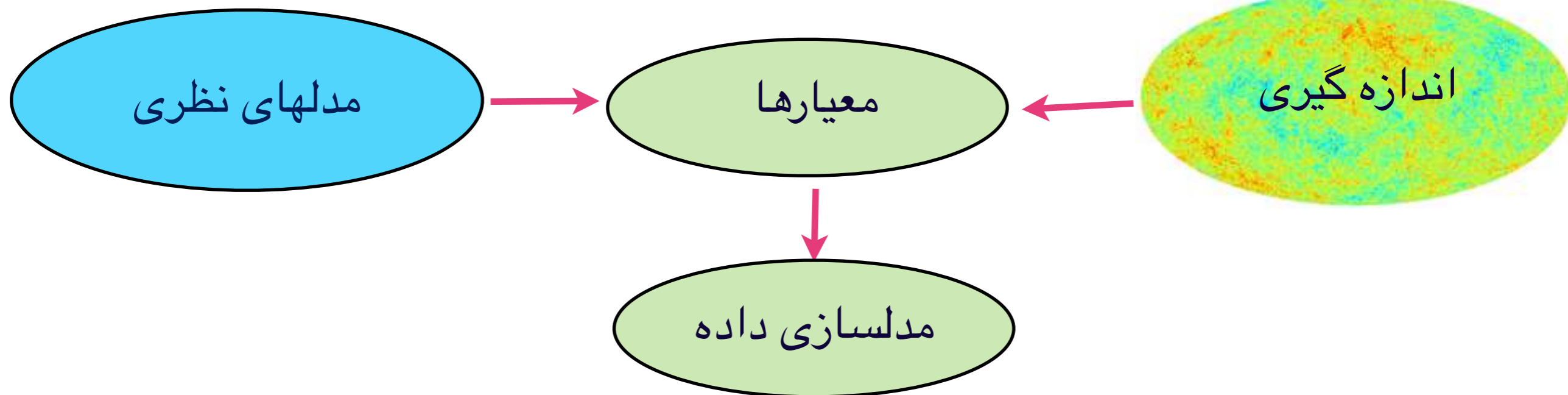


مبتنی بر انجام آزمایشها
و اندازه گیری مشاهده پذیرها

چرخه روش شناسی علمی

مبتنی بر اصول موضوعه
و توصیف های پدیده شناختی

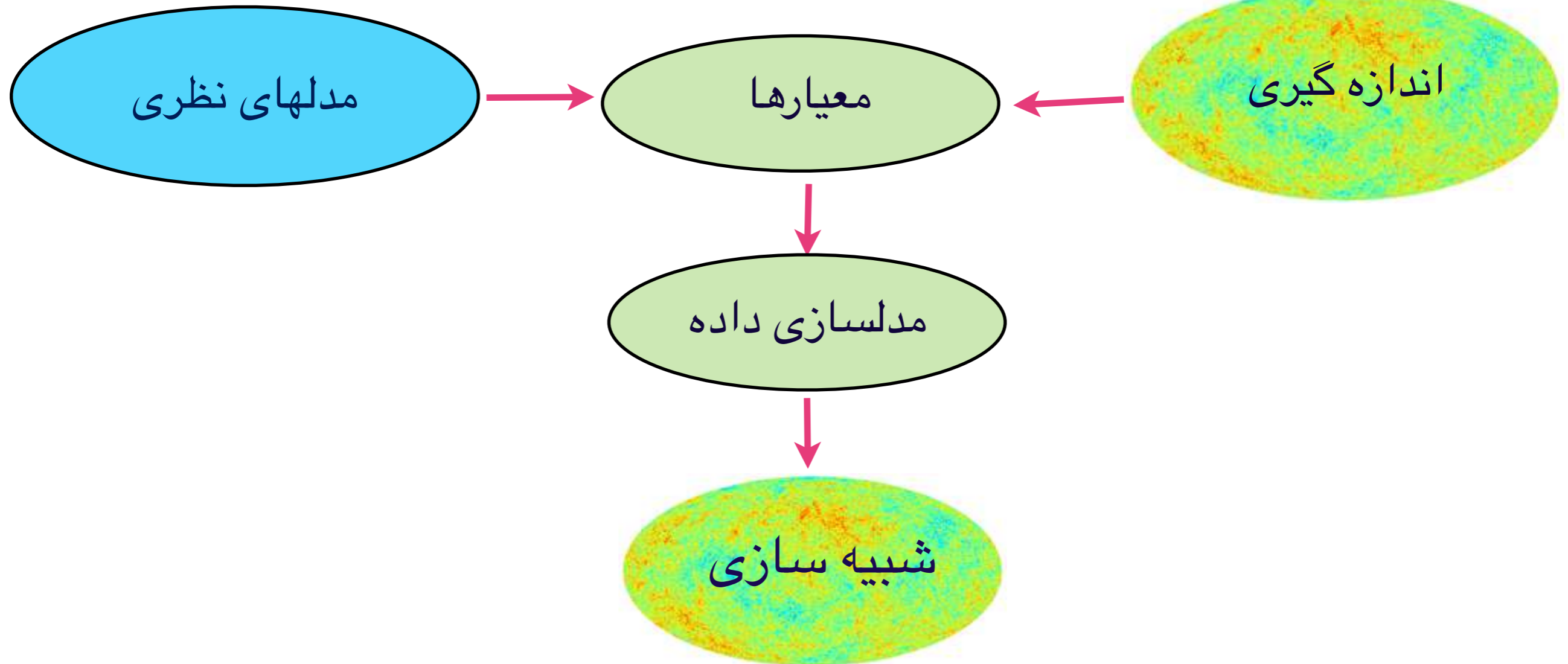
مبتنی بر انجام آزمایشها
و اندازه گیری مشاهده پذیرها



چرخه روش شناسی علمی

مبتنی بر اصول موضوعه
و توصیف های پدیده شناختی

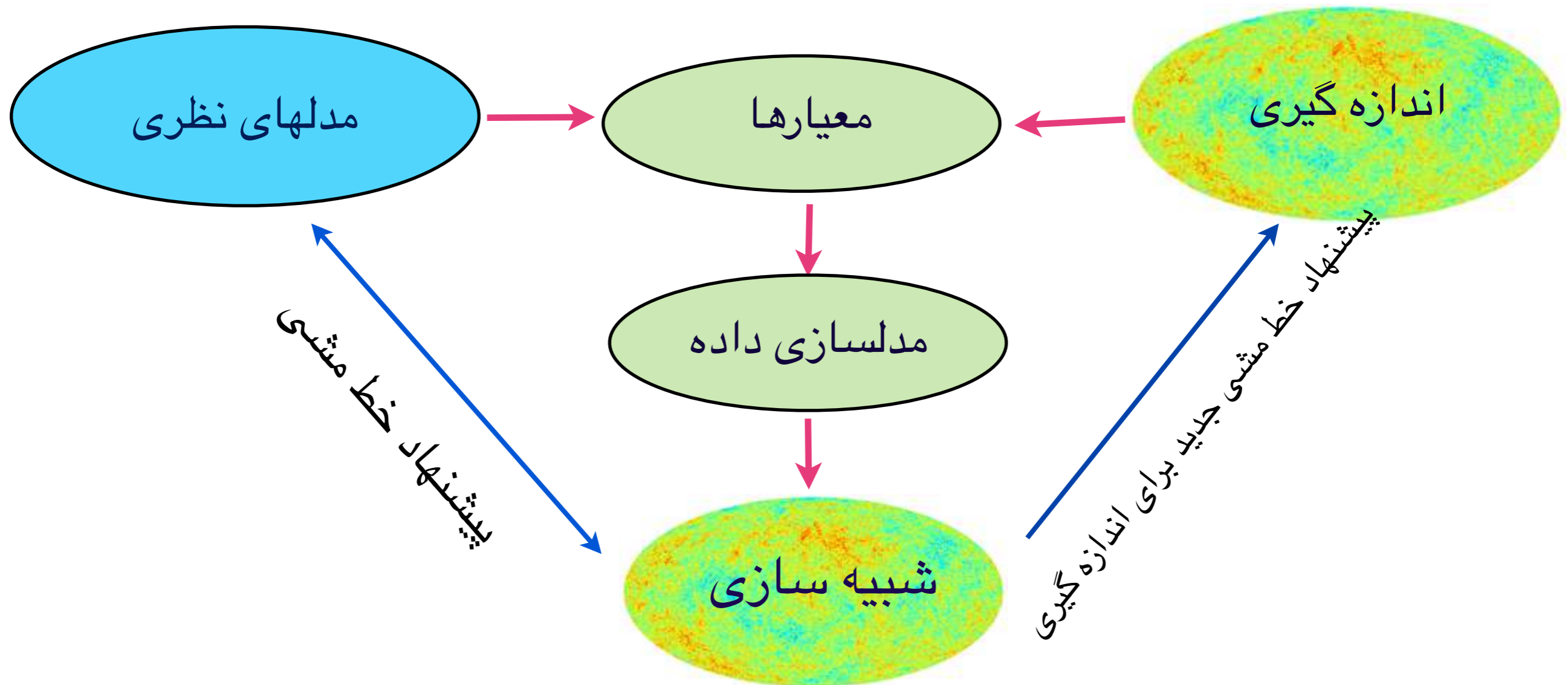
مبتنی بر انجام آزمایشها
و اندازه گیری مشاهده پذیرها



چرخه روش شناسی علمی

مبتنی بر اصول موضوعه
و توصیف های پدیده شناختی

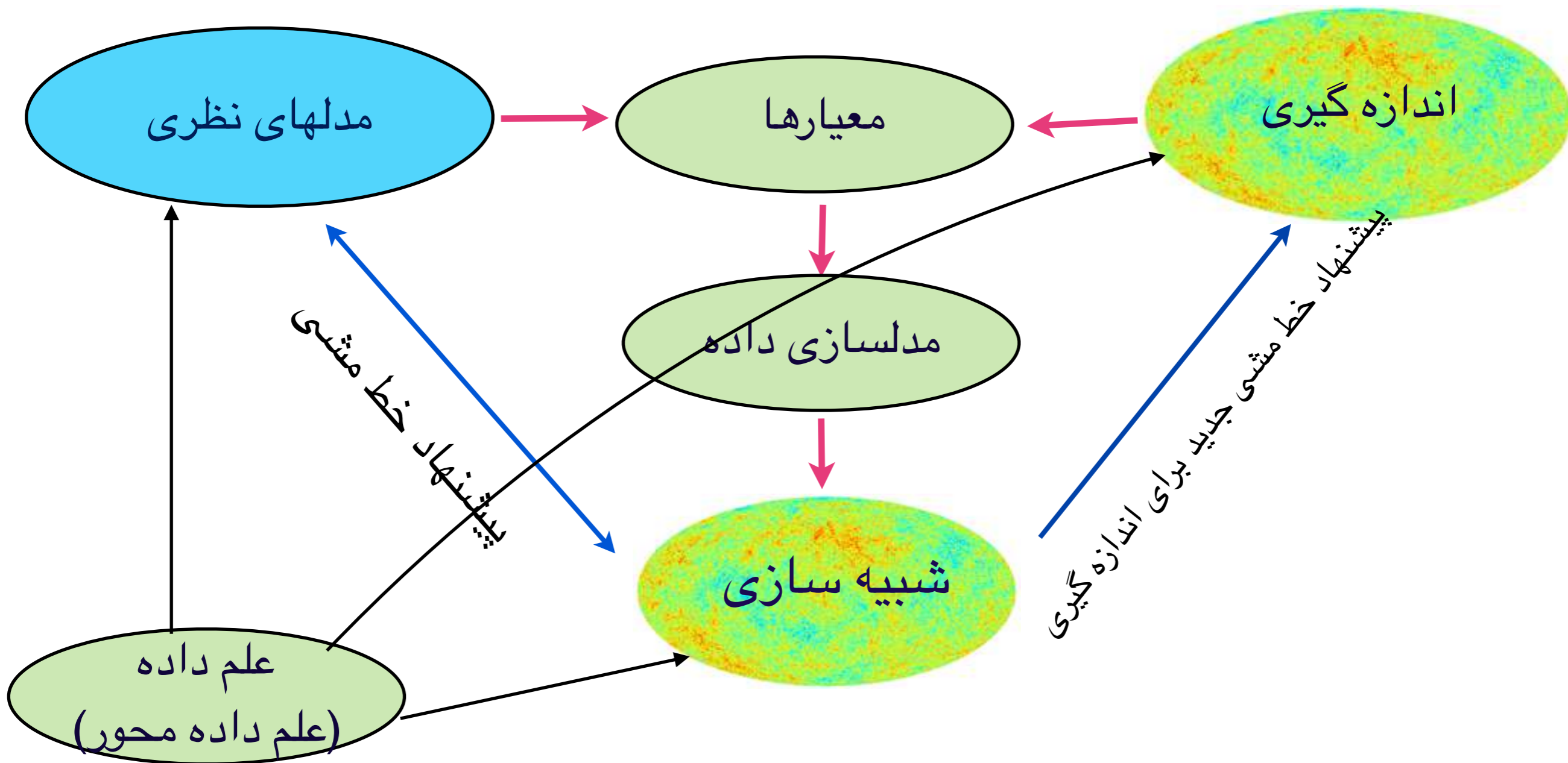
مبتنی بر انجام آزمایشها
و اندازه گیری مشاهده پذیرها



چرخه روش شناسی علمی

مبتنی بر اصول موضوعه
و توصیف های پدیده شناختی

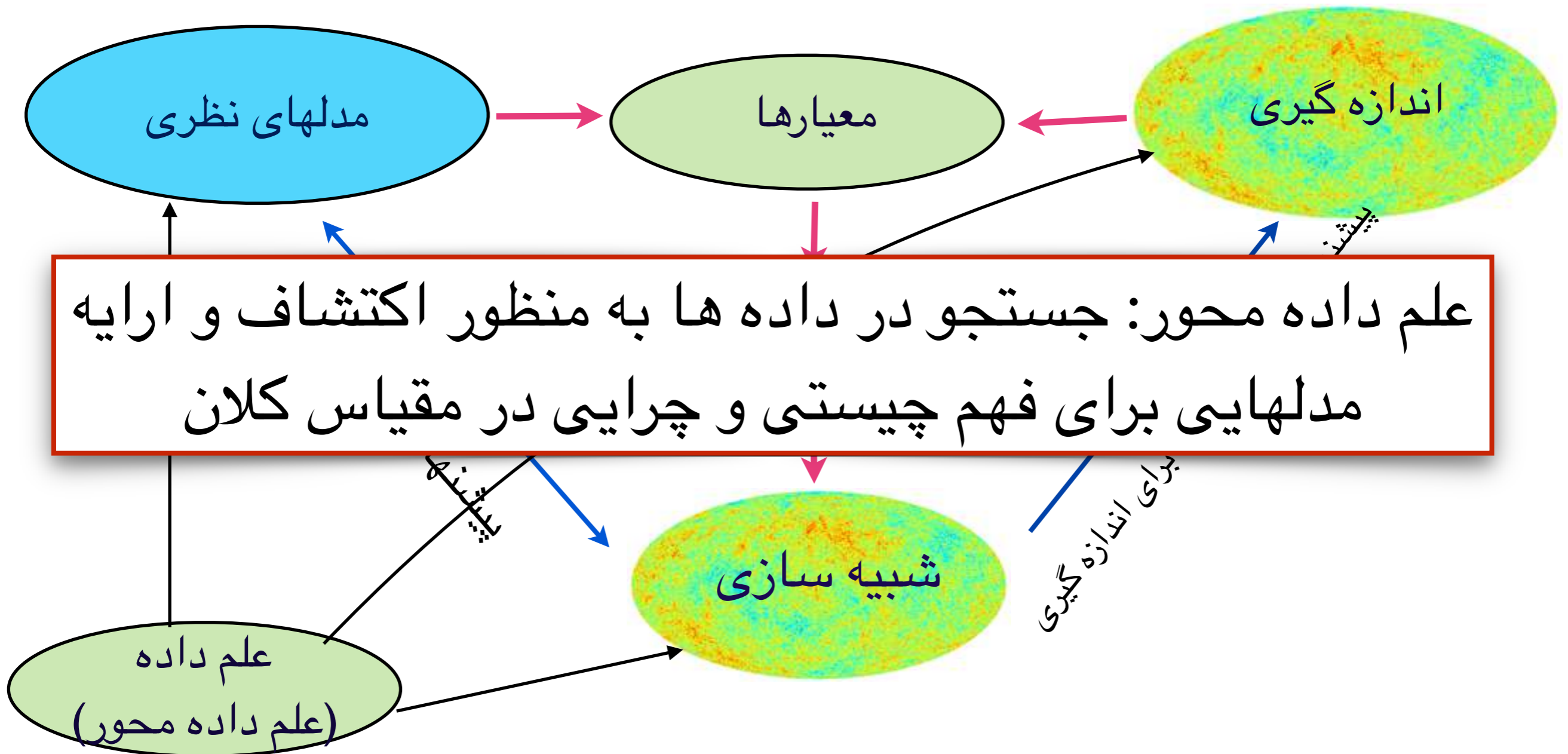
مبتنی بر انجام آزمایشها
و اندازه گیری مشاهده پذیرها



چرخه روش شناسی علمی

مبتنی بر انجام آزمایشها
و اندازه گیری مشاهده پذیرها

مبتنی بر اصول موضوعه
و توصیف های پدیده شناختی



From discrete to continuous fields

- Pointillism



From discrete to continuous fields

- Pointillism



From discrete to continuous fields

- Pointillism



From discrete to continuous fields

- Pointillism

painting technique in which small, discrete dots work together to create a concept. inspired by the dappled brushstrokes of Impressionism



Paul Signac, "The Pine Tree at Saint-Tropez," 1909 (Photo: Wikimedia Commons Public Domain)

Your brain has already played as a role of TDA machine

ساختار بخش شبیه سازی

مساله ها

علوم طبیعی

ساختار بخش شبیه سازی

مساله ها

نظریه ها

علوم طبیعی

مدلها

ساختار بخش شبیه سازی

مساله ها

نظریه ها

روشها

علوم طبیعی

مدلها

الگوریتم ها

ساختار بخش شبیه سازی

مساله ها

نظریه ها

روشها

پیاده سازی

علوم طبیعی

مدلها

الگوریتم ها

برنامه ها

کلان داده Big Data (3V-model)

به نظر می رسد که از جمله اولین مراکزی که عبارت Big Data را بکار برده است NASA است (سال ۱۹۹۷)

- (۱) کلان بودن از حیث کمیت (Volume)
- (۲) آهنگ تولید چشمگیر (Velocity or Production rate)
- (۳) تنوع زیاد (Variaty)

برخی از منابع تولید کلان داده

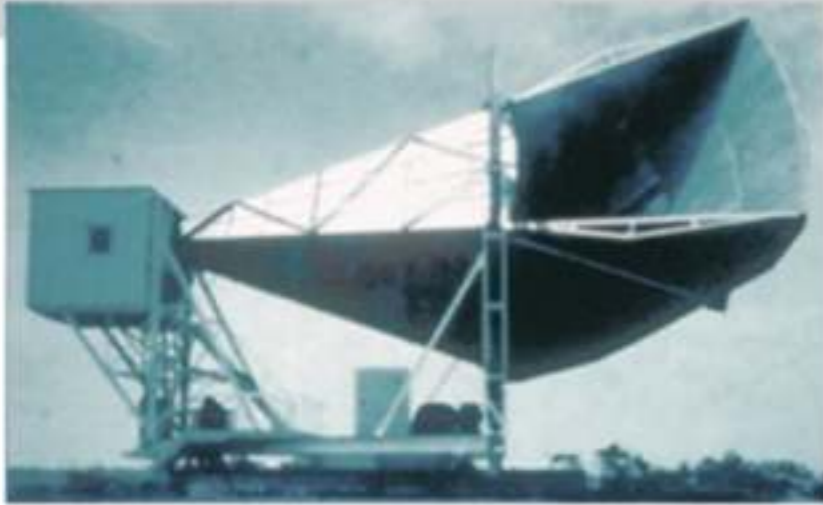
- (۱) رسانه های اجتماعی و تولیدات مربوطه
- (۲) منابع علمی برخط
- (۳) تراکنش های مالی و سایر داده های مالی
- (۴) ارتباطات مشتریان و درخواست های آنها
- (۵) داده های تولید شده از حسگرهای مختلف در حوزه های مختلف
- (۶) داده های تولید شده حاصل از اندازه گیری های مختلف توسط ابزارهای آزمایشگاهی
- (۷) داده های حوزه پزشکی و سلامت
- (۸) حمل و نقل
- (۹) اینترنت
- و ...

برخی از منابع تولید کلان داده (3V model)

- (۱) گوگل هر حدود ۴ ثانیه در حدود **یک پتابایت** معادل حدود ۱/۵ میلیون دیسک داده تحلیل می کند. (معادل یک درصد حجم ترافیک اینترنت سال ۱۹۹۳)
- (۲) در یوتیوب هر دقیقه بالغ بر ۳۰۰ ساعت فیلم تولید می شود.
- (۳) داده های ساختارمند و بدون ساختار (Structured and Unstructured) و ...

1965

Penzias and Wilson



۱۹۶۵ (۱۳۴۴)



۱۹۹۲ (۱۳۷۱)

دقت زاویه در حدود ۷ درجه یعنی در حدود ۱۲ برابر اندازه زاویه ای ماه در حدود ۸۶۰۰ داده

COBE

۲۰۰۳ (۱۳۸۲)

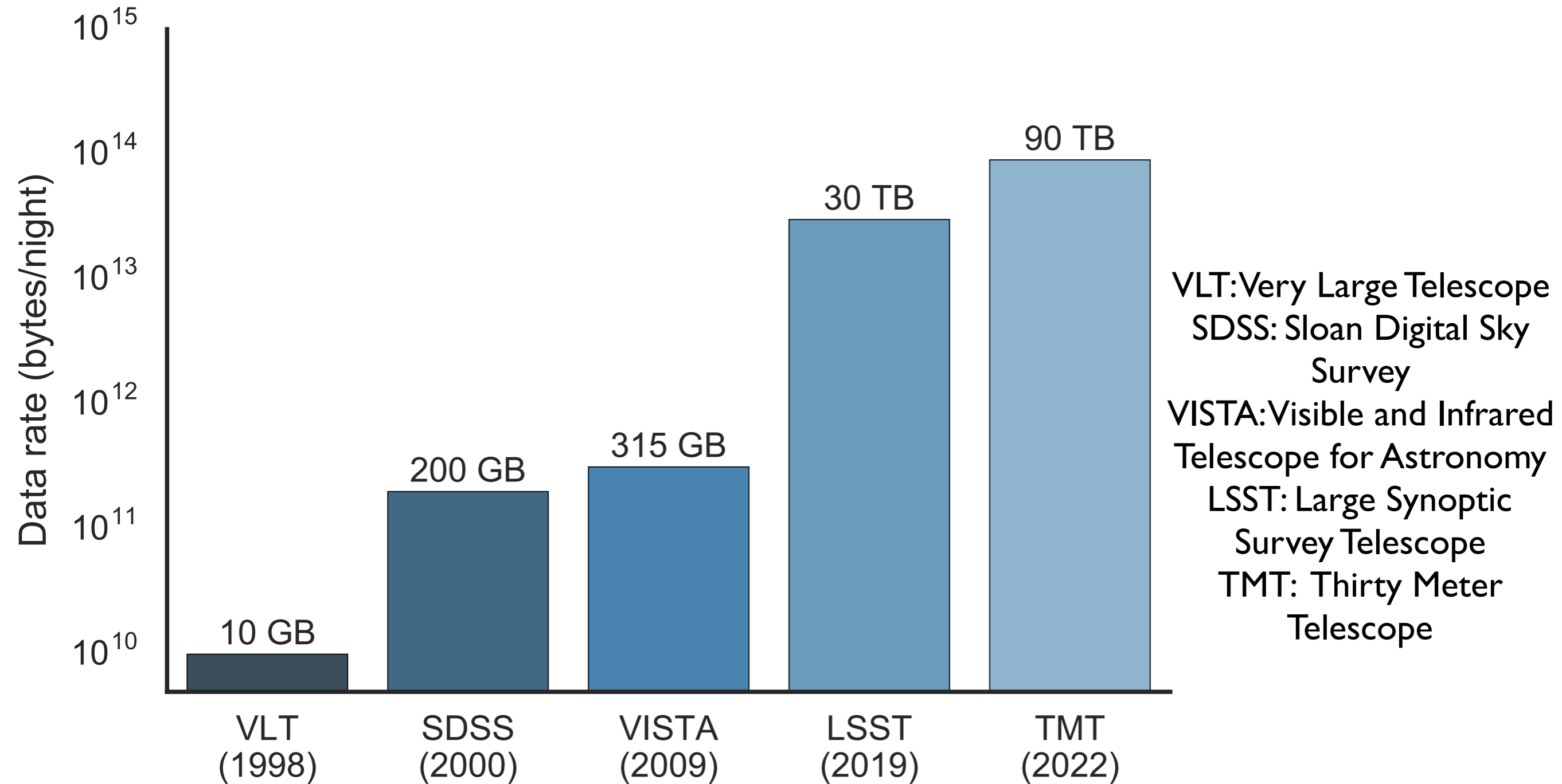
دقت زاویه ای در حدود ۱۳ دقیقه قوسی در حدود نصف اندازه زاویه ای ماه داده ۳۱۴۵۷۲۸

WMAP

۲۰۱۳ (۱۳۹۲)

دقت زاویه ای در حدود ۵ دقیقه قوسی داده ۵.۳۳۱۶۴۸

Planck

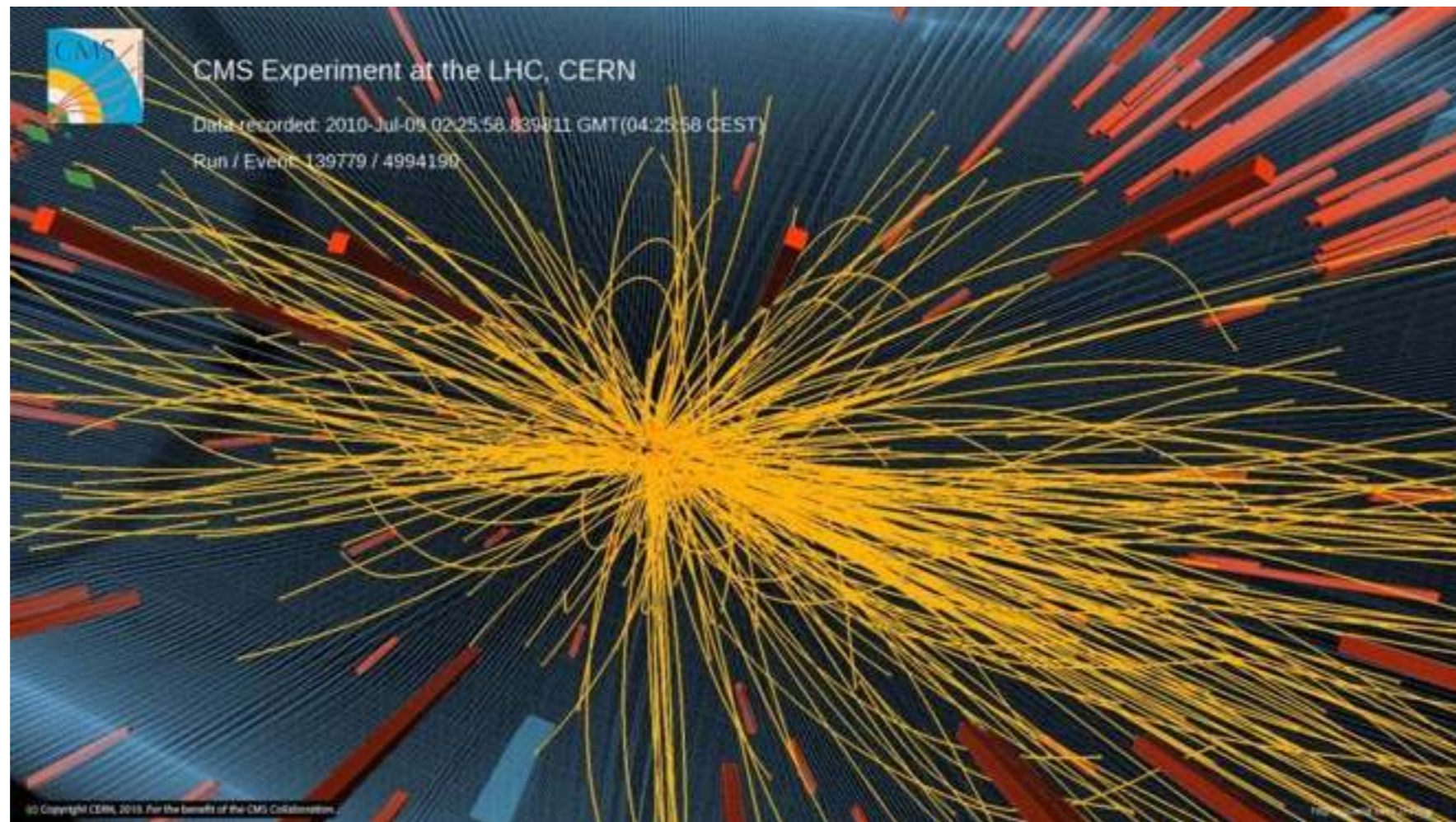


Kremer, Jan, et al. "Big universe, big data: machine learning and image analysis for astronomy." IEEE Intelligent Systems 32.2 (2017): 16-22.

CERN:

جهان از چه چیزی ساخته شده و چگونه کار می کند؟
(از سال ۱۹۵۴ (۱۳۳۳ هجری شمسی))

تولید ۲۵ گیگابایت داده در هر ثانیه



Square Kilometer Array (SKA) Radio Telescope

پروژه یک میلیارد دلاری

تولید و بررسی ۴۰۰ گیگابایت داده در هر ثانیه



نگرش مدرن: داده محور (۱)
کلان داده و شباهت آن با حد ترمودینامیک

- (۱) حد ترمودینامیک
- (۲) شکست نظریه ارگودیک
- (۳) ظهور رفتارهای جدید
- (۴) گذار فاز

نگرش مدرن: داده محور (۱)
کلان داده و شباهت آن با حد ترمودینامیک

(۱) حد ترمودینامیک

(۲) شکست نظریه ارگودیک

(۳) ظهور رفتارهای جدید

(۴) گذار فاز

$$N \rightarrow \infty$$

$$V \rightarrow \infty$$

نگرش مدرن: داده محور (۱) کلان داده و شباهت آن با حد ترمودینامیک

(۱) حد ترمودینامیک

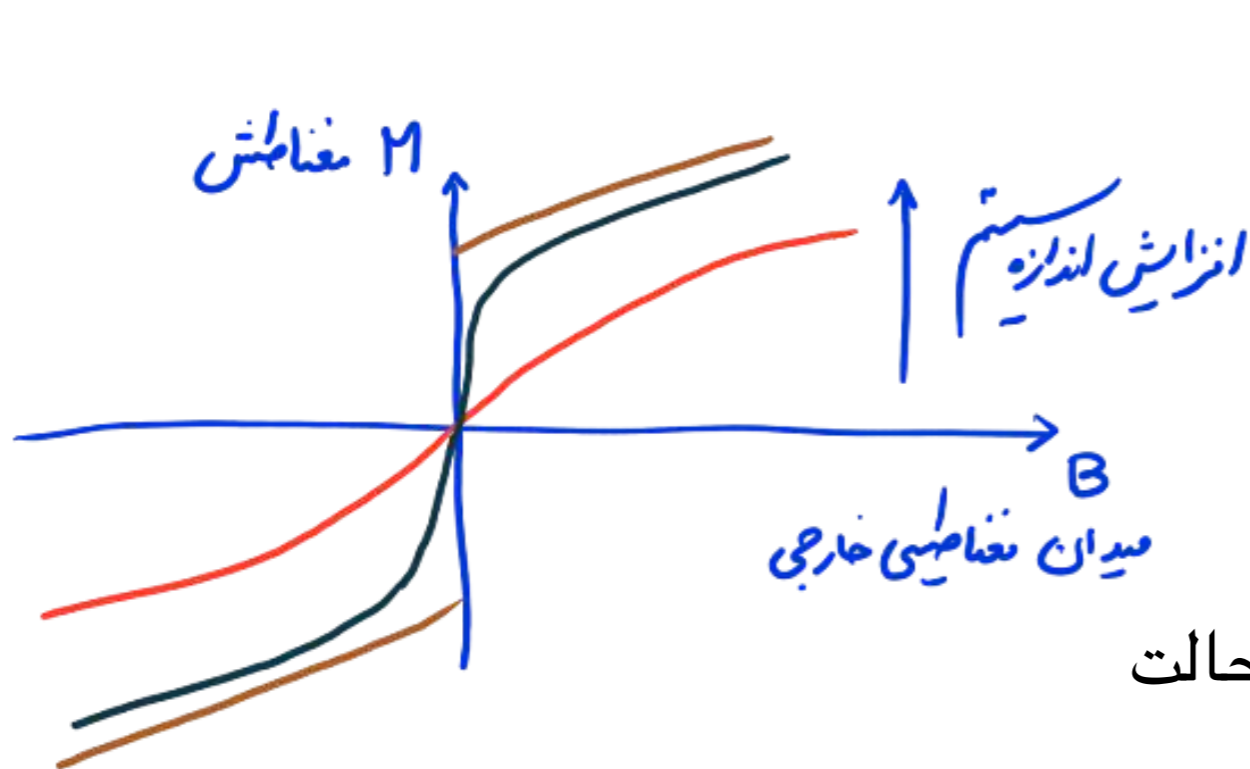
(۲) شکست نظریه ارگودیک

(۳) ظهور رفتارهای جدید

(۴) گذار فاز

$$N \rightarrow \infty$$

$$V \rightarrow \infty$$



$$\langle A \rangle = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \int_0^t dt' A\{\eta(t')\}$$

$$\langle A \rangle = \int d\eta P(\eta) A\{\eta\}$$

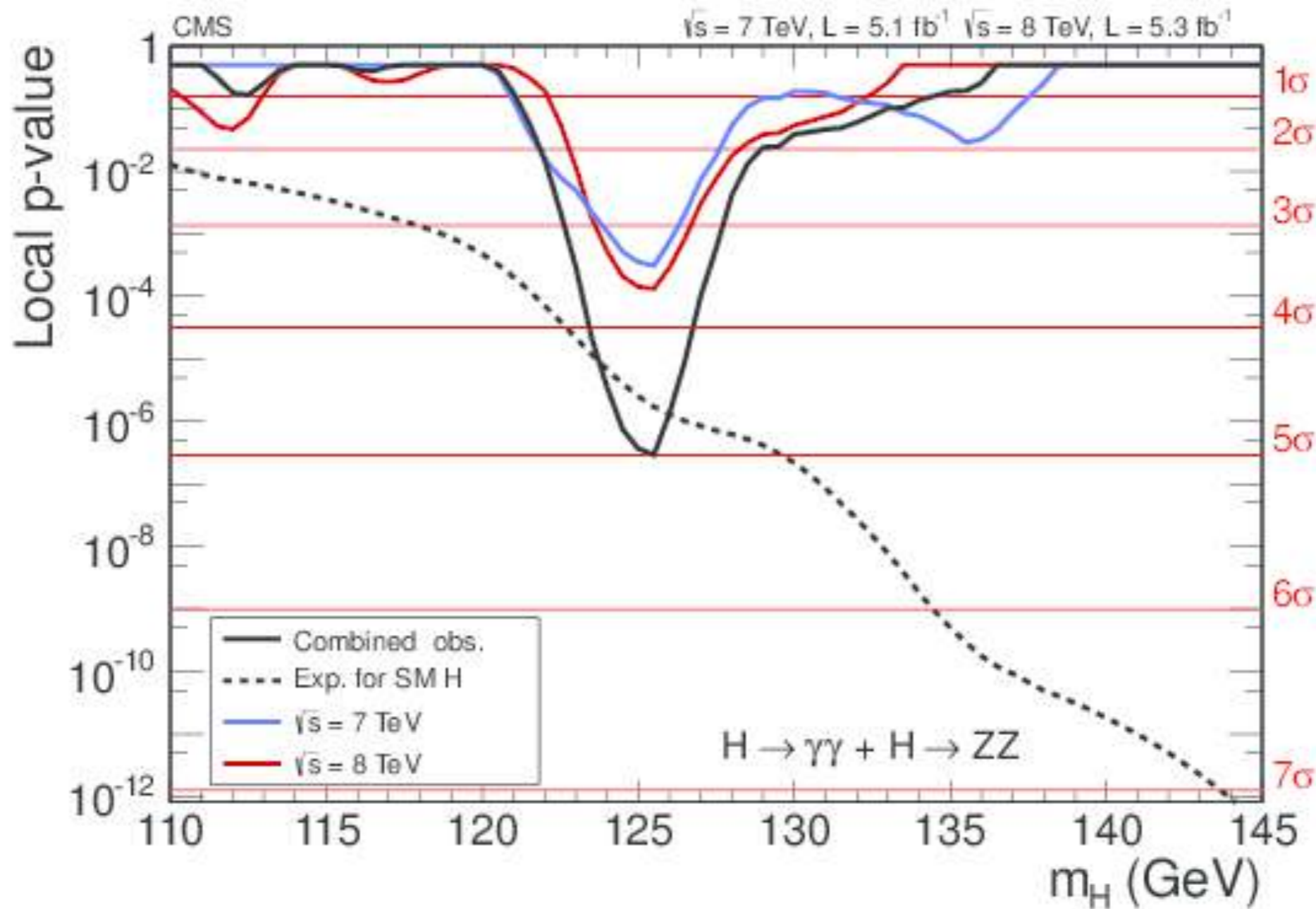
اهنگ شکل گیری یک حالت

طول عمر یک حالت

$$\mathcal{R} \sim e^{-\beta \Delta F}$$

$$\tau \sim e^{N^{2/3}}$$

نگرش مدرن: داده محور (۱) کلان داده و شباهت آن با حد ترمودینامیک



Chatrchyan, Serguei, et al. "Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC." *Physics Letters B* 716.1 (2012): 30-61.

نگرش مدرن: داده محور (۲) رفتارهای نوپدید (Emergent Behaviours)

۱) رفتارهای نوپدید (Emergent behaviour)، در سیستم های پیچیده و بس ذره ای ایجاد می شوند.

۲) لذا می توان انتظار داشت که با مطالعه کلان داده ها و ابداع روشهایی که به صورت سراسری (Global) و نه به صورت بخشی (Local)، داده ها را ارزیابی می کند، بتوان نتایجی را به دست آورد که خود بخشی از درگاه شناخت علمی، به حساب آید. به بیانی دیگر میتوانند بخشی از چرایی محسوب شوند و فقط به عنوان ابزار شناخت علمی به حساب نمی آیند.

طرح درس و برنامه زمانبندی:

- نقشه راه

- مقدمات لازم:

درس مکانیک آماری پیشرفته ۱ و ۲

درس روش تحقیق

- سایر:

درس روش های پیشرفته در فیزیک محاسباتی

درس روشهای بهینه سازی در فیزیک

<http://facultymembers.sbu.ac.ir/movahed/>

از توجه شما سپاسگزارم