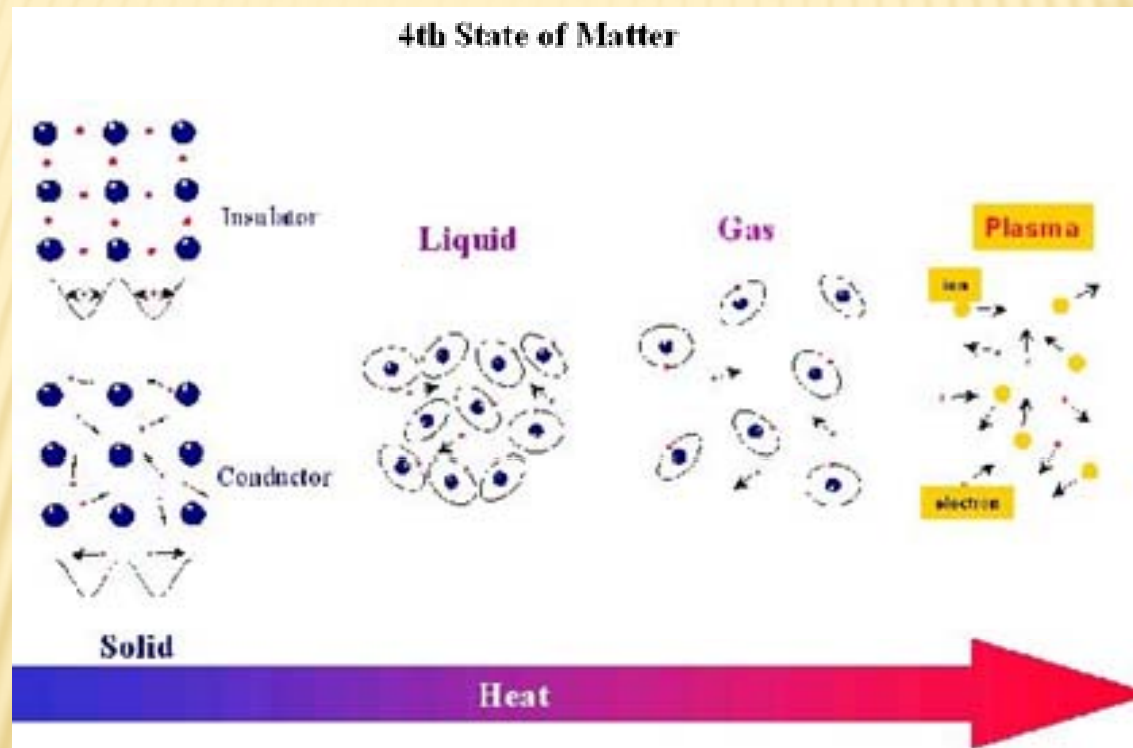


정인영

# QUARK – GLUON PLASMA

---

# PLASMA?



# GLUON?

- × 강한 상호작용을 매개하는 기본 입자.

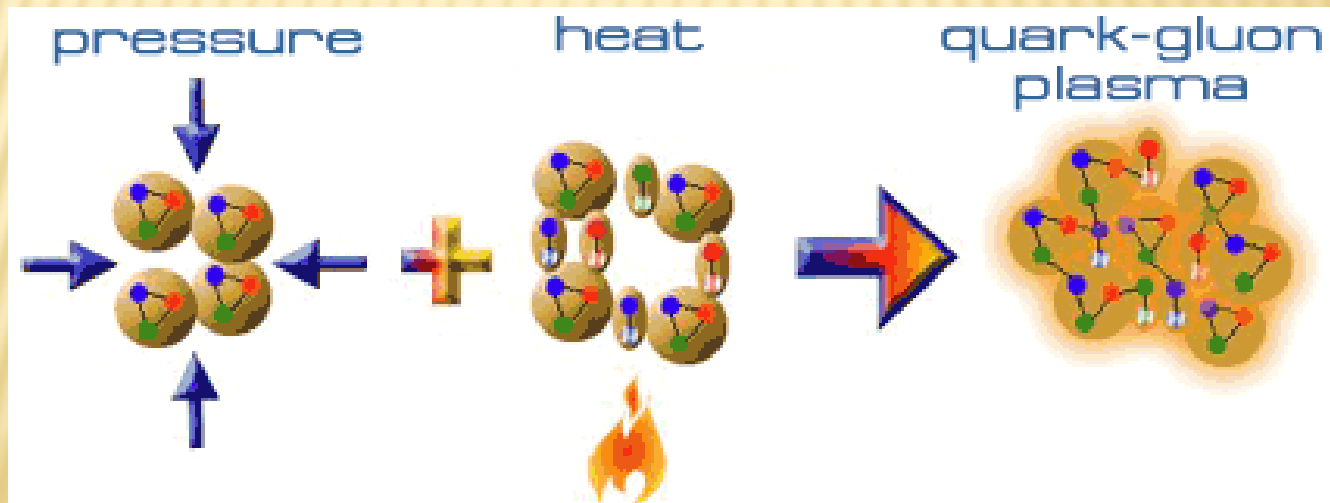
Three Generations of Matter (Fermions)

	I	II	III	
mass →	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
charge →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
name →	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b>γ</b> photon
	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Quarks	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b>g</b> gluon
	<2.2 eV	<0.17 MeV	<15.5 MeV	91.2 GeV <sup>0</sup>
	0	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<b>ν<sub>e</sub></b> electron neutrino	<b>ν<sub>μ</sub></b> muon neutrino	<b>ν<sub>τ</sub></b> tau neutrino	<b>Z</b> weak force
	0.511 MeV	105.7 MeV	1.777 GeV	80.4 GeV <sup>±</sup>
	-1	-1	-1	±1
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Leptons	<b>e</b> electron	<b>μ</b> muon	<b>τ</b> tau	<b>W</b> weak force

Bosons (Forces)

# QUARK-GLUON PLASMA (QGP) ?

- ✖ 고온 or/and 고밀도에서 양성자와 중성자까지도 녹아 있는 뜨거운 quark & gluon의 수프 상태
  - + QCD Quark: Meson과 바리온의 Fermionic 요소
  - + QCD Gluon: Meson과 바리온의 Bosonic 요소





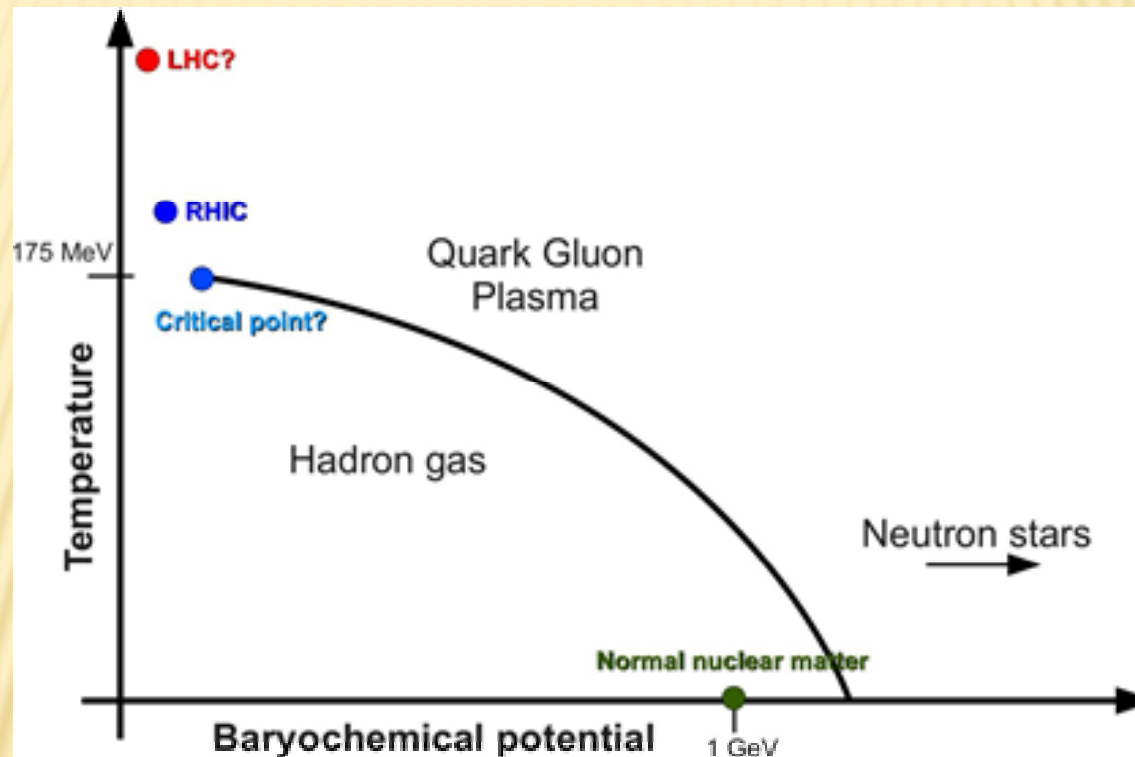
# QGP는 왜 PLASMA라고 하는가?

- ✖ Quark와 gluon의 color charge가 차폐되기 때문
  - + Plasma에서 mobile charge의 존재에 의해 charge가 차폐되는 것과 동일한 원리
  - + QGP의 일정 부피 밖에서 color electric field는 차폐되지 않음
    - ✖ QGP는 color-neutral
    - ✖ 핵과 동일하게 정수개의 electric charge를 지님

# QGP의 이론적 연구

- ✖ Color charge는 섭동 계산을 하기에 너무 크다
  - + QGP를 연구하는 주요 이론 툴 = lattice gauge theory
  - + Lattice gauge theory를 이용하여 전이 온도를 예측
    - ✖ 175 MeV per particle
    - ✖  $2 \times 10^{12}$  K의 온도까지 상승시켜야 QGP를 생성할 수 있음
- ✖ QGP의 분류
  - + 입자 물리의 현대 이론 중 하나의 분야
  - + QGP를 연구하는 것은 입자 물리의 큰 이론을 통합하는 것
    - ✖ Perturbative한 측면과 non-perturbative한 측면을 모두 고려해야 함

# THE PHASE DIAGRAM OF NUCLEAR MATTER





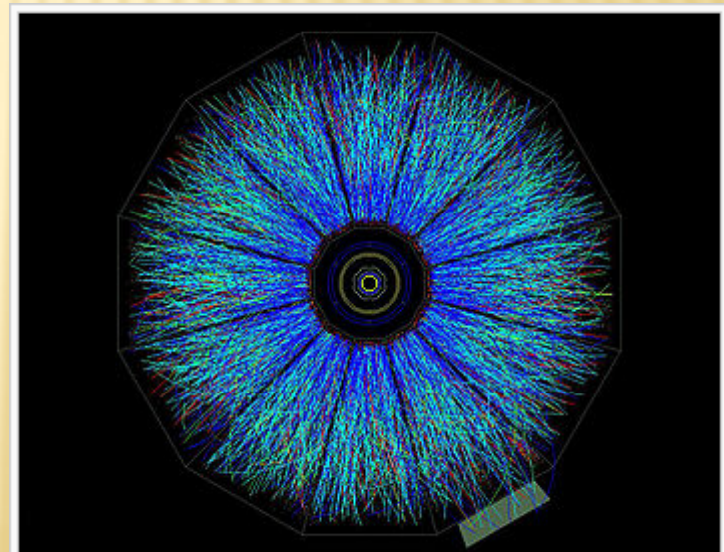
# RHIC(RELATIVISTIC HEAVY ION COLLIDER)

× Brookhaven National Laboratory의 RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider)

+ 우주가 생긴 지 불과 수 마이크로 초가 되었을 때의 환경을 흉내 낸 불덩어리 속에서 소용돌이들의 흔적을 관찰했다.

× STAR 검출기를 이용

+ 충돌기가 금과 구리 이온들을 고 에너지로 정면 충돌시켰을 때 생긴 입자들을 분석



A QGP is formed at the collision point of two relativistically accelerated gold ions in the center of the STAR detector at the relativistic heavy ion collider at the Brookhaven national laboratory.



# 예상

---

- ✖ 드미트리 카르제프(Dmitri Kharzeev)
  - + 두 이온들이 중앙에서 어긋나게 충돌
  - + 결과로 생기는 불덩어리는
  - + 강력한 자기장 생성
- ✖ 만일 글루온이 만든 소용돌이가 존재
  - + 이 자기장으로 인해서 플라즈마 상태의 쿼크들이 자신의 전하에 따라 분리

# 관찰

---

## ✖ STAR 공동연구

- + 양으로 대전된 quark들은 한 쪽 방향으로 움직이고
- + 음으로 대전된 quark들은 다른 방향으로 움직인다고

## **CERN(유럽공동핵원자연구소;CONSEIL EUROPEEN POUR LA RECHERCHE NUCLEAIRE)**

- ✖ 1954년 스위스에 설립된 유럽연합 공동체 원의 입자물리학 연구소로 World Wide Web의 개념이 처음 만들어진 곳이다.
- ✖ 지하 100m에 건설된 LHC는 둘레 27km,지름 8km에 이르는 원주형의 세계 최대 실험장비로 기존의 미국 일리노이주 소재 페르미연구소 가속기보다 훨씬 빠르게 양성자를 가속시켜 더욱 강력한 충돌을 일으킬 수 있다.

# 목적

---

× ALICE(중이온 충돌실험 전용 검출기) 연구그룹

+ 빅뱅직후 존재 했으리라 생각되는 Quark-Gluon Plasma를 실증하는 것

× CMS,ATLAS 검출기 연구 그룹 :

+ 힉스(Higgs Boson)입자를 발견하여 표준모형을 완성하려는 것



# BEHAVE LIKE A LIQUID? OR WILL IT BEHAVE LIKE A GAS?

- ✘ 완벽한 quasi-ideal state를 지니지 못함
  - + dense 유체의 특성을 지님
  - + 아직까지 QGP가 완벽하게 free상태로 가는 온도를 지원할 수 있는 가속기가 존재하지 않기 때문

# 활용분야

---

- ✖ QCD (Quantum Chromodynamics) 상태 연구
- ✖ 응집물리 현상 연구
- ✖ Big-Bang의 초기 QGP 상태 연구