

# Ricerca ed HPC in NPQCD

(Bari, Cosenza, Pisa)

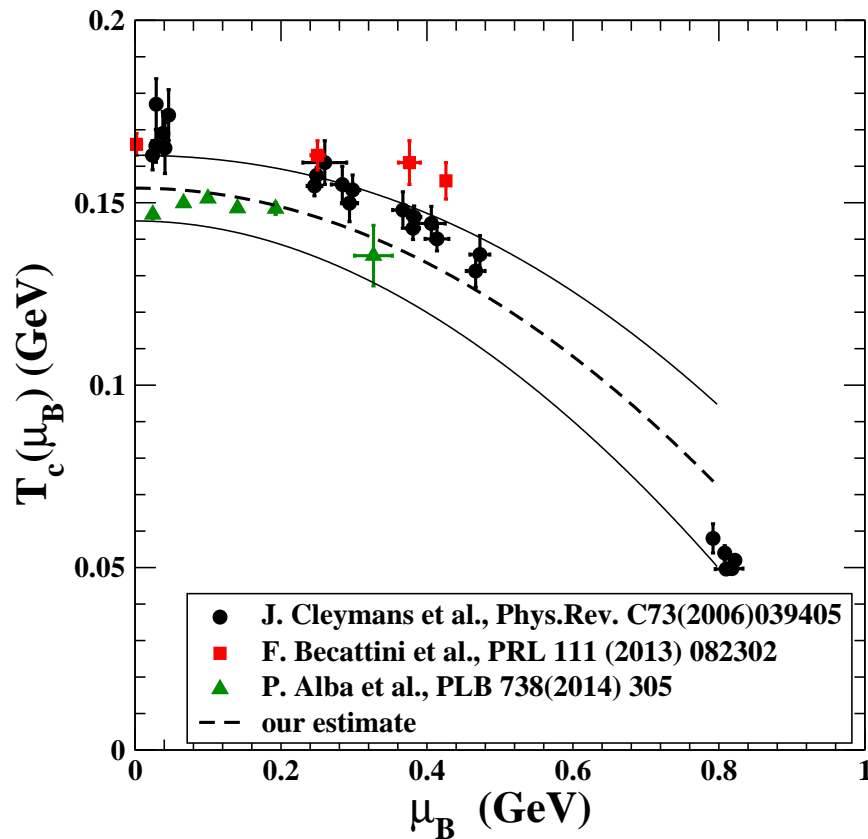
- **Proprietà non-perturbative della QCD:** proprietà del vuoto, proprietà topologiche, confinamento del colore e deconfinamento
- **Proprietà della QCD in condizioni estreme:** diagramma di fase di QCD, QCD in campi di background

Gli ultimi anni hanno visto un'intensa attività scientifica e di sviluppo all'interno di NPQCD, grazie al sostegno INFN (SUMA, CIPE e IS) ed alla disponibilità di importanti risorse di calcolo:

- **FERMI BG/Q** (convenzione CINECA-INFN e vari progetti ISCRA e PRACE, tutti utilizzati a non meno del 100 % del tempo assegnato)
- **ZEFIRO CLUSTER TEORICO** a PISA
- **GALILEO** (convenzione CINECA-INFN)
- **GPU clusters** (COKA a Ferrara, QUONG a Roma, farm GPU a PISA)

# Risultati recenti (FERMI e GALILEO)

Diagramma di fase della QCD a temperatura e densità finita



Curvatura della linea critica della  
QCD (2+1) flavor

$$\kappa = 0.020(4)$$

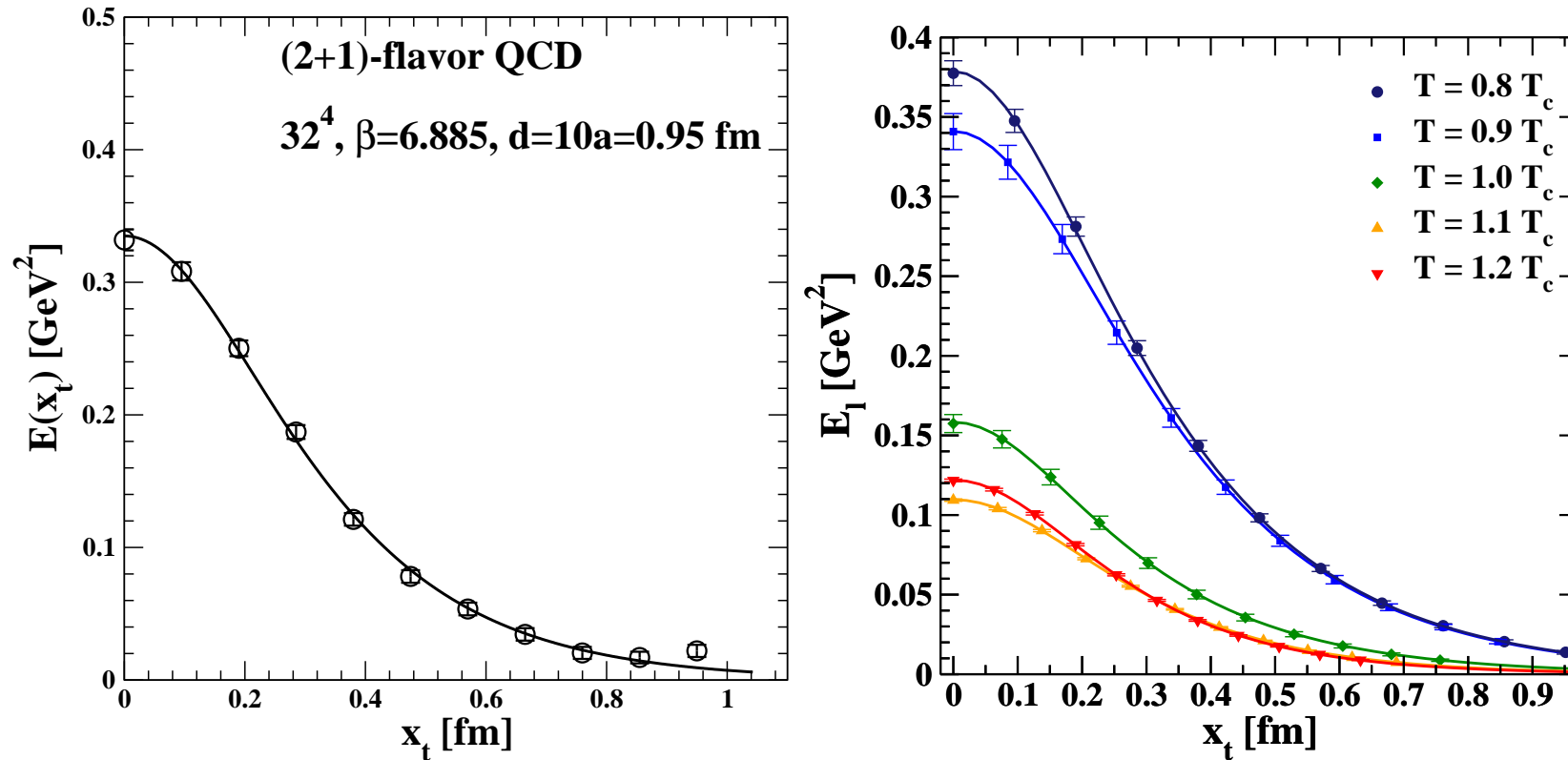
P.Cea, L.Cosmai, A.Papa,

PRD89(2014)074512 [arXiv:1403.0821]

PRD93(2106)014507 [arXiv:1508.07599]

# Risultati recenti (FERMI e GALILEO)

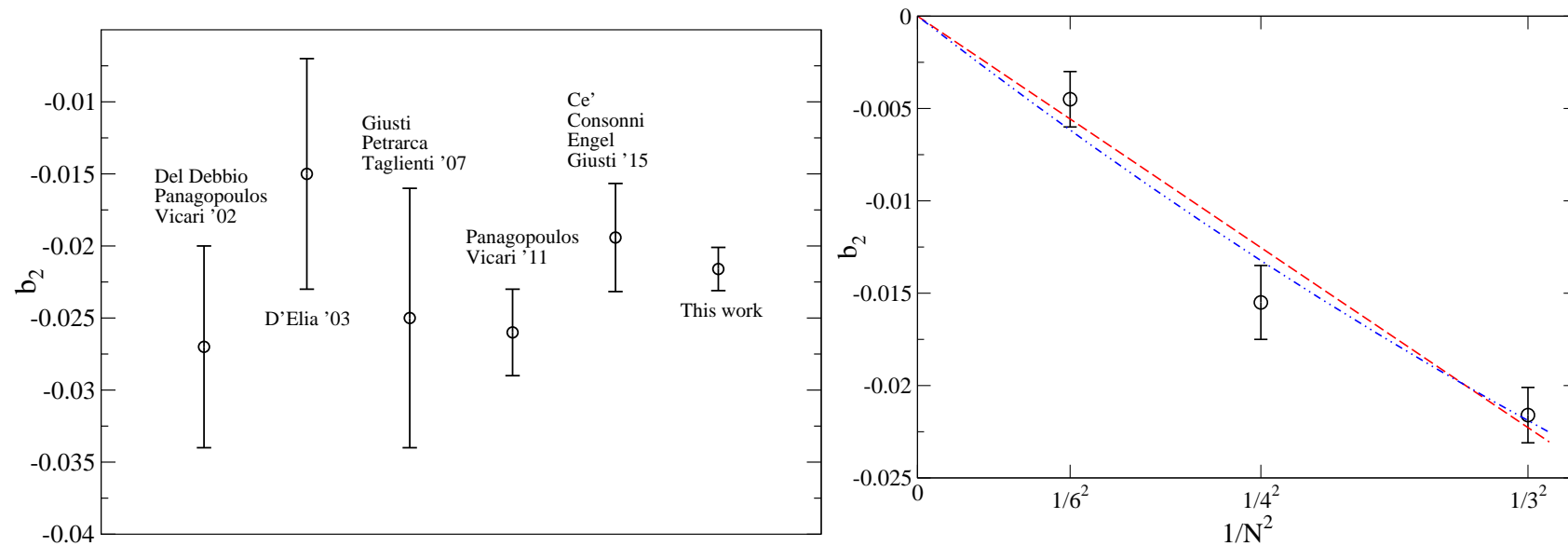
## Campi cromoelettromagnetici e deconfinamento in QCD



P.Cea, L.Cosmai, F.Cuteri, A.Papa,  
PRD89(2014)094505 [arXiv:1404.1172],  
JHEP1606(2016)033 [arXiv:1511.01783],  
arXiv:1701.03371

# Risultati recenti (ZEFIRO e GALILEO)

$\theta$ -dependence in  $SU(N)$  pure gauge theories



C. Bonati, M. D'Elia and A. Scapellato,  
PRD89(2016)025028 [arXiv:1512.01544].

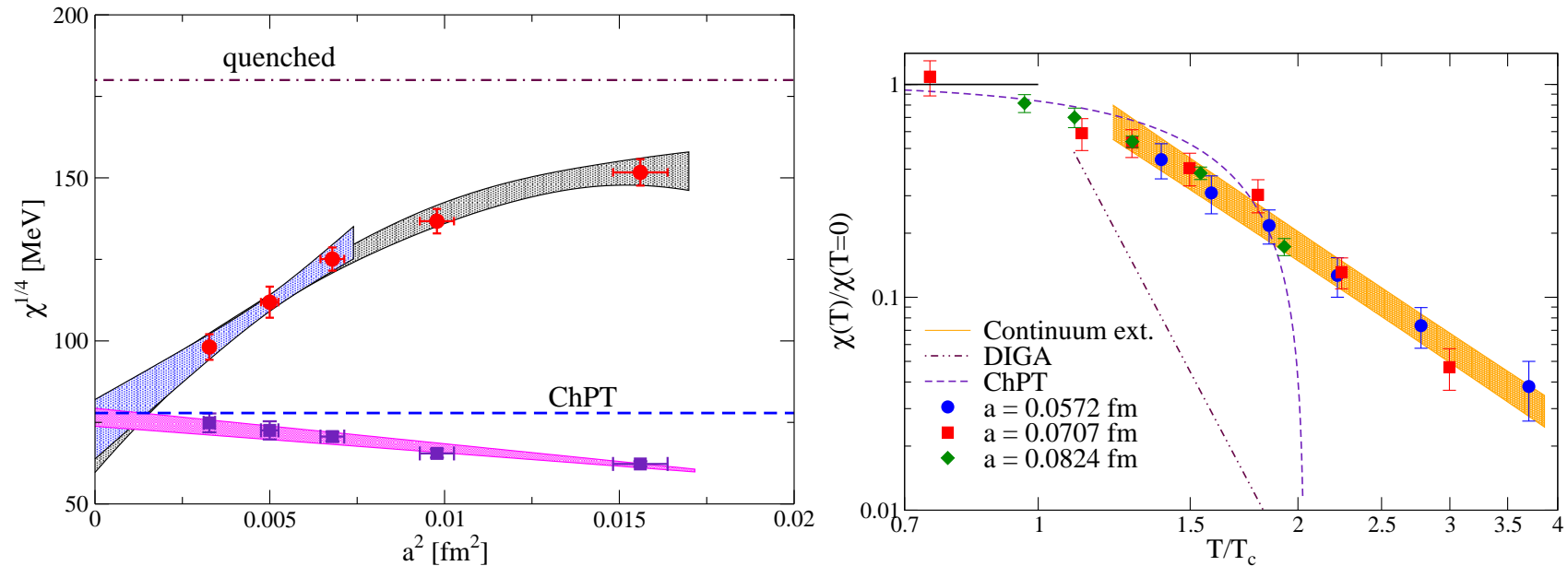
Quartic corrections to  $\theta$ -dependence with unprecedented precision (left)

C. Bonati, M. D'Elia, P. Rossi and E. Vicari,  
PRD94(2016)085017 [arXiv:1607.06360].

Large-N scaling of quartic corrections verified for the first time (right)

# Risultati recenti (FERMI)

## $\theta$ -dependence in full QCD and axion phenomenology



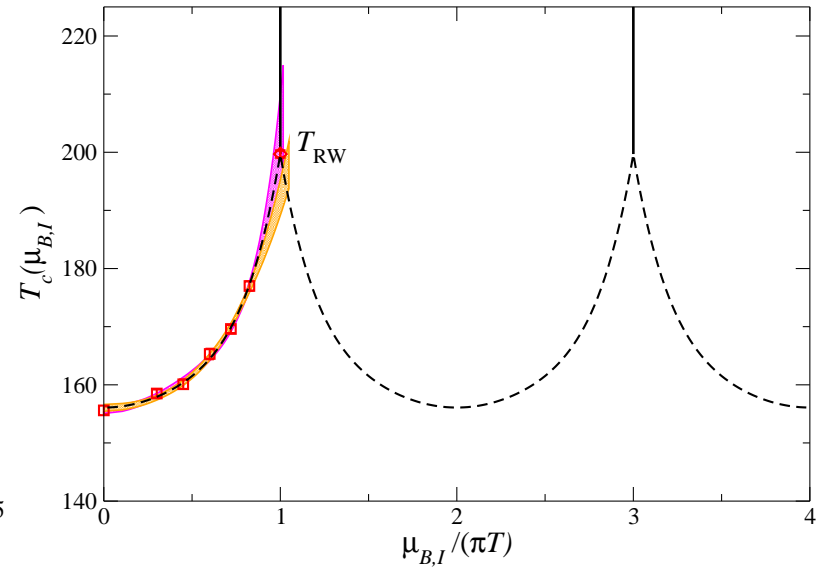
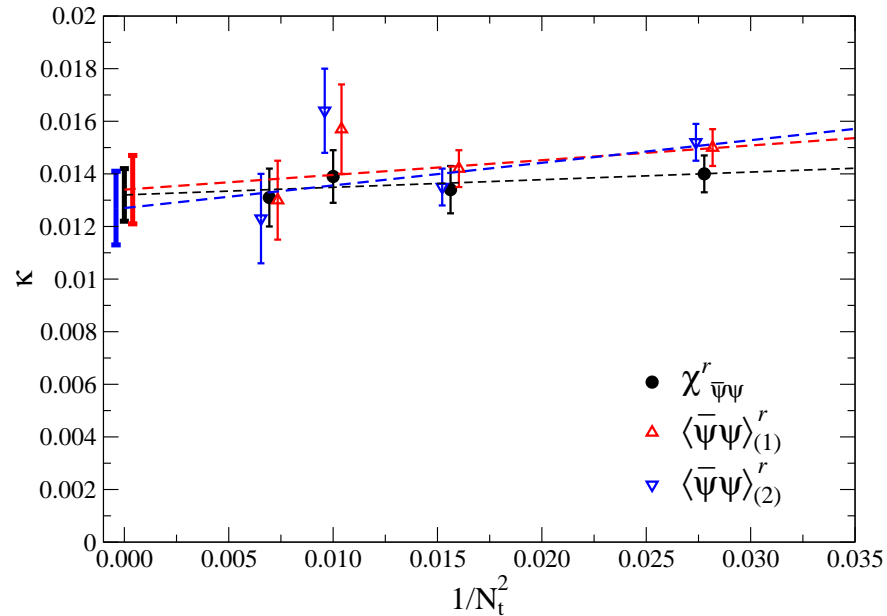
C. Bonati, M. D'Elia, M. Mariti, G. Martinelli, M. Mesiti, F. Negro, F. Sanfilippo and G. Villadoro, *JHEP1603(2016)155* [arXiv:1512.06746].

Correct continuum limit of topological susceptibility at the physical point verified with staggered fermions (left)

$\theta$ -dependence at high- $T$  compared to instanton gas, predictions for axion phenomenology - PRACE project awarded as a follow-up (right)

# Risultati recenti (FERMI e ZEFIRO)

## Phase diagram at real and imaginary chemical potential



C. Bonati, M. D'Elia, M. Mariti, M. Mesiti, F. Negro and F. Sanfilippo,  
PRD92(2015)054503 [arXiv:1507.03571]

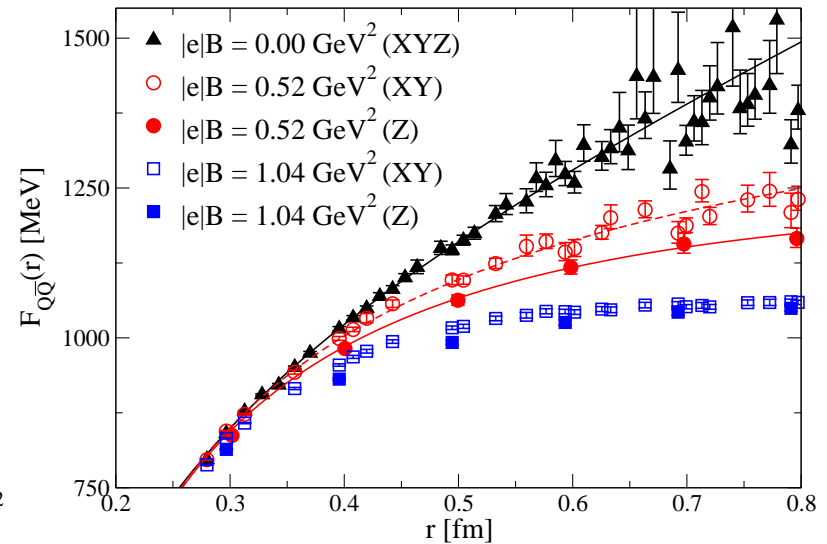
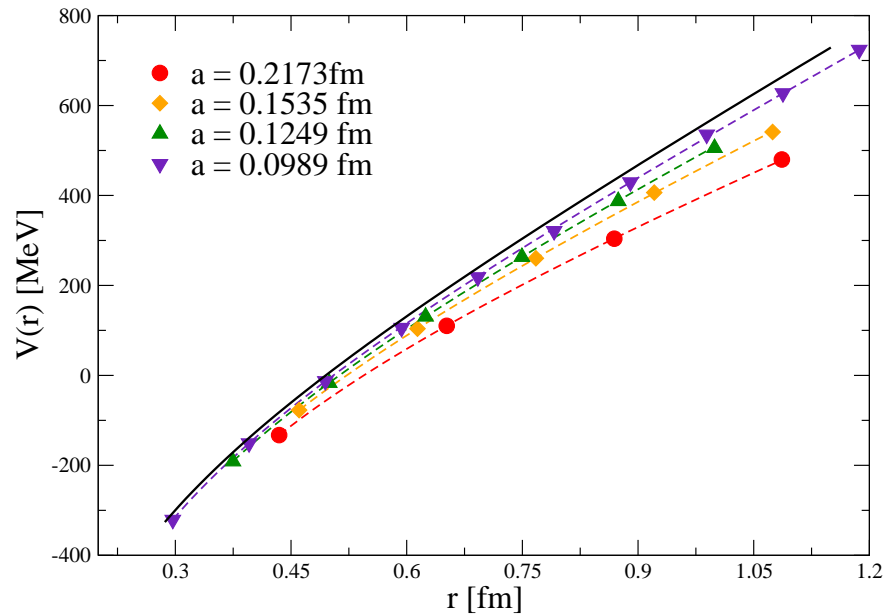
Continuum extrapolation of the curvature of the pseudocritical line (left)

C. Bonati, M. D'Elia, M. Mariti, M. Mesiti, F. Negro and F. Sanfilippo,  
PRD93(2016)074504 [arXiv:1602.01426]

Continuum extrapolation and order of the Roberge-Weiss transition (right)

# Risultati recenti (FERMI)

## Magnetic field effects on the static quark-antiquark potential



C. Bonati, M. D'Elia, M. Mariti, M. Mesiti, F. Negro, A. Rucci and F. Sanfilippo,  
PRD94(2016)094007 [arXiv:1607.08160]

Continuum limit extrapolation and  $B$  effects at zero and finite  $T$

# Altre attività recenti

(COKA Cluster in Ferrara e GPU farm in PISA)

*Design and optimization of a portable LQCD Monte Carlo code using OpenACC*

C. Bonati, E. Calore, S. Coscetti, M. D'Elia, M. Mesiti, F. Negro, F. Schifano, G. Silvi, R. Tripiccion

[arXiv:1701.00426]

Codice in produzione per varie questioni riguardanti il diagramma di fase

(QUONG GPU cluster a Roma e GPU farm in PISA)

*Phase structure of compactified  $SU(N)$  gauge theories in magnetic backgrounds*

M. D'Elia, M. Mariti, [arXiv:1612.07752]

*Continuum limit and universality of the Columbia plot*

P. de Forcrand, M. D'Elia, [arXiv:1612.07752]

*Higher order quark number fluctuations in  $N_f = 2 + 1$  QCD* (ultimo lavoro su FERMI)

M. D'Elia, G. Gagliardi, F. Sanfilippo [arXiv:1611.08285]



## **DOVE SIAMO OGGI**

**- Marconi A2 (KNL) è appena partito e promette nuove importanti risorse. Un core di Marconi dovrebbe essere circa 3 volte più veloce di Fermi.**

**Un porting banale dei codici ottimizzati per il BG/Q manca ampiamente questo fattore ed un rapporto sotto 1:1 è più realistico**

**Ma c'è un ampio margine di ottimizzazione (in corso) e molti più core disponibili rispetto a FERMI.**

**- Andrebbe prestata la massima attenzione ai futuri sviluppi hardware tenendo il software pronto alle varie eventualità (GPU, GPU&IBM, ...) con una opportuna attività di sperimentazione**

# ATTIVITÀ E NECESSITÀ NEL MEDIO TERMINE

- **Diagramma di fase della QCD a temperatura e densità finita in campi di background (magnetici e cromomagnetici):**  
*Effetto di campi cromomagnetici sulla linea pseudocritica della QCD con (2+1) flavour*  
*Fluttuazioni nel numero di quark e possibile localizzazione del punto critico della QCD*  
*Ordine della transizione di fase della QCD al variare del potenziale chimico e del numero di flavor*  
*Campi magnetici: Chiral Magnetic Effect; effetti sui mesoni pesanti*  
**(~ 250 Mcorehours - Broadwell)**
- **Studio della dinamica del confinamento/deconfinamento in QCD:**  
*Tubi di flusso prodotti da sorgenti statiche al variare di  $T$ , potenziale chimico, campi esterni*  
*Confinamento/deconfinamento indotto da campi magnetici ed altri agenti esterni*  
**(~ 130 Mcorehours - Broadwell)**
- **Suscettività topologica nella QCD ad alta  $T$  e fenomenologia degli assioni**  
*Studio accurato degli effetti sistematici dovuti al lattice spacing finito ed al volume finito, incluso lo sviluppo di algoritmi e strategie per il freezing della carica topologica, fino a  $T \sim$  qualche GeV*  
**(~ 180 Mcorehours)**