4D to 3D reduction of Seiberg duality for $SU(N)$ susy gauge theories with adjoint matter: a partition function approach

Carlo Sana

Università degli Studi di Milano-Bicocca
Scuola di Scienze
Dipartimento di Fisica G. Occhialini

29 giugno 2015

1. Le dualità di Seiberg in 4D e 3D

2. Riduzione dimensionale $4D \to 3D$

Dualità di Seiberg in 4D

Dualità originale

Generalizzazione per teorie di campo supersimmetriche della dualità elettrica-magnetic di Dirac.
La dualità originale mappa a basse energie (IR)

$$\begin{aligned} \text{Teoria Elettrica} &\longleftrightarrow \text{Teoria Magnetica} \\ \text{gauge } SU(N_c)\ N_f\text{quarks} &\longleftrightarrow \text{gauge } SU(N_c)\ N_f \text{ quarks and } N_f^2 \text{ Mesons} \end{aligned} \tag{1}$$

Dualità strong-weak coupling

La feature più interessante delle dualità di Seiberg è che se una teoria è fortemente interagente, la teoria duale è debolmente accoppiata.
Tecniche perturbative (nella teoria duale) per ottenere informazioni su un sistema fortemente accoppiato.

$$g \longleftrightarrow \frac{1}{\tilde{g}}$$

Dualità di Seiberg in 4D

Dualità originale

Generalizzazione per teorie di campo supersimmetriche della dualità elettrica-magnetic di Dirac.
La dualità originale mappa a basse energie (IR)

$$\begin{gathered}\text{Teoria Elettrica} \longleftrightarrow \text{Teoria Magnetica} \\ \text{gauge } SU(N_c)\ N_f \text{quarks} \longleftrightarrow \text{gauge } SU(N_c)\ N_f \text{ quarks and } N_f^2 \text{ Mesons}\end{gathered} \tag{1}$$

Dualità strong-weak coupling

La feature più interessante delle dualità di Seiberg è che se una teoria è fortemente interagente, la teoria duale è debolmente accoppiata.
Tecniche perturbative (nella teoria duale) per ottenere informazioni su un sistema fortemente accoppiato.

$$g \longleftrightarrow \frac{1}{\tilde{g}}$$

Dualità di Seiberg in 3D

Caratteristiche simili alle dualità di Seiberg in 4D, nonostante le teorie di campo in 3D presentano

- diverso contenuto di materia: in 3D i gluoni hanno anche una partner scalare
- ulteriori simmetrie: simmetria assiale e topologica non presente in 4D
- insieme di vuoti aggiuntivo a causa degli scalari aggiuntivi

Dualità in 3D

A causa della diversa struttura dei vuoti la teoria magnetica contiene, oltre ai mesoni, un insieme aggiuntivo di singoletti.

Monopoli della teoria magnetica $\longrightarrow$ Singoletti aggiuntivi nella teoria magnetica

Dualità di Seiberg in 3D

Caratteristiche simili alle dualità di Seiberg in 4D, nonostante le teorie di campo in 3D presentano

- diverso contenuto di materia: in 3D i gluoni hanno anche una partner scalare
- ulteriori simmetrie: simmetria assiale e topologica non presente in 4D
- insieme di vuoti aggiuntivo a causa degli scalari aggiuntivi

Dualità in 3D

A causa della diversa struttura dei vuoti la teoria magnetica contiene, oltre ai mesoni, un insieme aggiuntivo di singoletti.

Monopoli della teoria magnetica $\longrightarrow$ Singoletti aggiuntivi nella teoria magnetica

Dualità di Seiberg in 3D

Caratteristiche simili alle dualità di Seiberg in 4D, nonostante le teorie di campo in 3D presentano

- diverso contenuto di materia: in 3D i gluoni hanno anche una partner scalare
- ulteriori simmetrie: simmetria assiale e topologica non presente in 4D
- insieme di vuoti aggiuntivo a causa degli scalari aggiuntivi

Dualità in 3D

A causa della diversa struttura dei vuoti la teoria magnetica contiene, oltre ai mesoni, un insieme aggiuntivo di singoletti.

Monopoli della teoria magnetica $\longrightarrow$ Singoletti aggiuntivi nella teoria magnetica

Dualità di Seiberg in 3D

Caratteristiche simili alle dualità di Seiberg in 4D, nonostante le teorie di campo in 3D presentano

- diverso contenuto di materia: in 3D i gluoni hanno anche una partner scalare
- ulteriori simmetrie: simmetria assiale e topologica non presente in 4D
- insieme di vuoti aggiuntivo a causa degli scalari aggiuntivi

Dualità in 3D

A causa della diversa struttura dei vuoti la teoria magnetica contiene, oltre ai mesoni, un insieme aggiuntivo di singoletti.

Monopoli della teoria magnetica $\longrightarrow$ Singoletti aggiuntivi nella teoria magnetica

$4D \xrightarrow{?} 3D$

Riduzione naturale delle teorie

Si compattificano le teorie su un cerchio: $\mathbb{R}^4 \longrightarrow \mathbb{R}^3 \times \mathbb{S}^1$, con cerchio di raggio r.
Si ignorano i modi di Kaluza-Klein dei campi sul cerchio mandando $r \to 0$

Il limite a $r \to 0$ comporta

$$g_{3D}^2 = \frac{g_{4D}^2}{2\pi r} \to \infty \quad \text{per } r \to 0$$

Ma stiamo trattando dualità a strong-weak coupling dove

$$g_{el} \sim \frac{1}{g_{mag}}$$

che è incompatibile con il limite $r \to 0$.

$4D \xrightarrow{?} 3D$

Riduzione naturale delle teorie

Si compattificano le teorie su un cerchio: $\mathbb{R}^4 \longrightarrow \mathbb{R}^3 \times \mathbb{S}^1$, con cerchio di raggio r.
Si ignorano i modi di Kaluza-Klein dei campi sul cerchio mandando $r \to 0$

Il limite a $r \to 0$ comporta

$$g_{3D}^2 = \frac{g_{4D}^2}{2\pi r} \to \infty \quad \text{per } r \to 0$$

Ma stiamo trattando dualità a strong-weak coupling dove

$$g_{el} \sim \frac{1}{g_{mag}}$$

che è incompatibile con il limite $r \to 0$.

Riduzione naturale delle teorie

Si compattificano le teorie su un cerchio: $\mathbb{R}^4 \longrightarrow \mathbb{R}^3 \times \mathbb{S}^1$, con cerchio di raggio r.
Si ignorano i modi di Kaluza-Klein dei campi sul cerchio mandando $r \to 0$

Il limite a $r \to 0$ comporta

$$g_{3D}^2 = \frac{g_{4D}^2}{2\pi r} \to \infty \quad \text{per } r \to 0$$

Ma stiamo trattando dualità a strong-weak coupling dove

$$g_{el} \sim \frac{1}{g_{mag}}$$

che è incompatibile con il limite $r \to 0$.

$4D \to 3D$

Per mantere la dualità tra le teorie è necessario mantenere il raggio del cerchio finito.

L'effetto della taglia finita del cerchio consiste nel considerare un modo istantonico sul cerchio che genera un nuovo termine superpotenziale.

Il superpotenziale istantonico rompe le simmetrie in 3D che non sono permesse in 4D (simmetria assiale) .

Si ottengono teorie in 3D considerandone il limite a basse energie.
I modi di Kaluza-Klein sul cerchio si disaccoppiano per energie $\ll \frac{1}{r}$

$4D \to 3D$

Per mantere la dualità tra le teorie è necessario mantenere il raggio del cerchio finito.

L'effetto della taglia finita del cerchio consiste nel considerare un modo istantonico sul cerchio che genera un nuovo termine superpotenziale.

Il superpotenziale istantonico rompe le simmetrie in 3D che non sono permesse in 4D (simmetria assiale) .

Si ottengono teorie in 3D considerandone il limite a basse energie.
I modi di Kaluza-Klein sul cerchio si disaccoppiano per energie $\ll \frac{1}{r}$

$4D \rightarrow 3D$

Per mantere la dualità tra le teorie è necessario mantenere il raggio del cerchio finito.

L'effetto della taglia finita del cerchio consiste nel considerare un modo istantonico sul cerchio che genera un nuovo termine superpotenziale.

Il superpotenziale istantonico rompe le simmetrie in 3D che non sono permesse in 4D (simmetria assiale) .

Si ottengono teorie in 3D considerandone il limite a basse energie.
I modi di Kaluza-Klein sul cerchio si disaccoppiano per energie $\ll \frac{1}{r}$

$4D \rightarrow 3D$

Per mantere la dualità tra le teorie è necessario mantenere il raggio del cerchio finito.

L'effetto della taglia finita del cerchio consiste nel considerare un modo istantonico sul cerchio che genera un nuovo termine superpotenziale.

Il superpotenziale istantonico rompe le simmetrie in 3D che non sono permesse in 4D (simmetria assiale) .

Si ottengono teorie in 3D considerandone il limite a basse energie.
I modi di Kaluza-Klein sul cerchio si disaccoppiano per energie $\ll \frac{1}{r}$

Riduzione dimensionale in teoria di campo

La riduzione delle dualità in teoria di campo è stato effettuato per varie dualità note in 4D.