Higgs branches of 5d rank-zero theories from geometry

A. Collinucci, <sup>1</sup> M.D.M., <sup>2</sup> A. Sangiovanni, <sup>3</sup> R. Valandro <sup>4</sup>

<sup>1</sup>Service de Physique Théorique et Mathématique, Université Libre de Bruxelles and International Solvay Institutes, Campus Plaine C.P. 231, B-1050 Bruxelles, Belgium

<sup>2</sup>SISSA and INFN, Via Bonomea 265, I-34136 Trieste, Italy

<sup>3</sup>Dipartimento di Fisica, Università di Trieste, Strada Costiera 11, I-34151 Trieste, Italy and INFN, Sezione di Trieste, Via Valerio 2, I-34127 Trieste, Italy

May 26, 2021

(a)



- Results: Overview (2
- Method: "refined" Sen limit 3

May 26, 2021

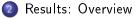
2 / 12

- 4 Results: analyzed cases
- Future directions 5

- Target: classifying 5d,  $\mathcal{N}=1$  SCFT.
- In  $\mathcal{N} = 2, d = 4$  case, IIB geometric engineering was very effective method to achieve this target<sup>1</sup>.
- For 5d SCFT, M-theory geometric engineering might be effective too.
- In particular, open question: rank zero (empty CB) theories are free hypers or discrete gauging of them?

<sup>1</sup>Dan Xie and Shing-Tung Yau. "4d N=2 SCFT and singularity theory Part I: Classification". In: (2015). arXiv: 1510.01324 [hep-th].





3) Method: "refined" Sen limit

A⊒ ▶ < ∃

May 26, 2021

4 / 12

- 4 Results: analyzed cases
- 5 Future directions

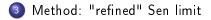
# Results (general idea)

- We found a new way to describe, as complex manifolds, the Higgs Branch (HB) of M-theory on C\* fibered, isolated threefold CY singularities.
- The new method we found applies also to the non toric case.
- We confirmed and extended conjectural results of the last year<sup>2</sup>.
- In particular, we clarify which rank-zero SCFT are free hypers, and which one are discrete gaugings.

<sup>2</sup>Cyril Closset, Sakura Schafer-Nameki, and Yi-Nan Wang. "Coulomb and Higgs Branches from Canonical Singularities: Part 0". In: (July 2020). arXiv: 2007.15600 [hep-th].



Results: Overview



4 Results: analyzed cases



### Method: IIA Sen limit

- M-theory on C<sup>\*</sup> fibered threefolds is dual to IIA theory with D6 branes and O6 planes at the loci where the C<sup>\*</sup> fiber degenerates<sup>3</sup>.
- E.g., if we just have D6 branes, and no O6, we get:

$$uv = \underbrace{\det(z \cdot \mathbb{1}_{2k} - \Phi(w))}_{\text{Brane locus}}, \quad (u, v, z, w) \in \mathbb{C}^4$$
(1)

- We found a prescription, using that our threefolds can be described as ADE families, a way to guess Φ from the geometry of the resolution of the threefold singularity.
- From  $\Phi$  we reconstruct the Higgs Branch.

<sup>3</sup>Ashoke Sen. "A note on enhanced gauge symmetries in M- and string theory". In: Journal of High Energy Physics (1997).

#### Example: Reid Pagoda of width 2

Singularity (in  $\mathbb{C}^4\langle u, v, z, w \rangle$ ):

$$uv = -\det(z\mathbb{1}_4 - \Phi) = -z^4 + w^2.$$
 (2)

The resolution is  $\mathcal{O}_{\mathbb{P}} \oplus \mathcal{O}_{\mathbb{P}}(-2)$ , then we prescribe

$$\Phi = \left(egin{array}{cccc} 0 & 1 & 0 & 0 \ w & 0 & 0 & 0 \ 0 & 0 & 0 & 1 \ 0 & 0 & -w & 0 \end{array}
ight).$$

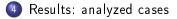
The data of the HB are obtained analyzing  $\text{Ext}^1(\text{coker}(\mathcal{T}), \text{coker}(\mathcal{T}))$ , with  $\mathcal{T} \equiv z \cdot \mathbb{1}_4 - \Phi$ , and the discrete part of  $\text{Stab}(\Phi)$ .

< ロ > < 同 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ >



Results: Overview







## Analyzed cases

Analyzed cases: $\mathbb{C}^{2N_f(X)}/\Gamma_X$		
X	Moduli Space	Resolution
$uv = z^2 - w^2$	$\mathbb{C}^2$	$\mathcal{O}(-1)\oplus\mathcal{O}(-1)$
$uv = z^{2k} - w^2$	$\mathbb{C}^{2k}/\mathbb{Z}_k$	$\mathcal{O}\oplus\mathcal{O}(-2)$
$uv = z^{2k-1} - w^2$	$\mathbb{C}^{2k-2}$	terminal
$x^2 + zy^2 - t(t^2 + z^{2k+1}) = 0$	$\mathbb{C}^{2k} \times \frac{\mathbb{C}^{4k+4}}{\mathbb{Z}_2} \times \frac{\mathbb{C}^2}{\mathbb{Z}_2}$	$\mathcal{O}(-3)\oplus\mathcal{O}(1)$
$\begin{vmatrix} x^{2}+zy^{2}-(z-w)(zw^{2}+(z-w)^{2}) = 0\\ uv = z(z^{2}-w^{2}) \end{vmatrix}$	$ \begin{array}{ c c c c c } \mathbb{C}^{2k} \times \frac{\mathbb{C}^{4k+4}}{\mathbb{Z}_2} \times \frac{\mathbb{C}^2}{\mathbb{Z}_2} \\ \mathbb{C}^2 \times \frac{\mathbb{C}^8}{\mathbb{Z}_2} \times \frac{\mathbb{C}^2}{\mathbb{Z}_2} \end{array} $	$\mathcal{O}(-3)\oplus\mathcal{O}(1)$
$uv = z(z^2 - w^2)$	$\mathbb{C}^{6}$	non simple flop

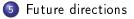
(日) (四) (王) (王) (王) (王)



Results: Overview

3 Method: "refined" Sen limit

4 Results: analyzed cases



May 26, 2021 11/12

47 ▶

## Future directions

Further analysis on rank-zero theories

- Finding the metrics on the Higgs Branches,
- link with Gopakumar-Vafa invariants<sup>4</sup>.

Different kind of geometries:

- Non rank-zero theories,
- higher length flops.

<sup>4</sup>Andrés Collinucci, Andrea Sangiovanni, and Roberto Valandro. "Genus zero Gopakumar-Vafa invariants from open strings". In: (Apr. 2021). arXiv: 2104.14493 [hep-th].