

WEBINAR FISIKA INDONESIA

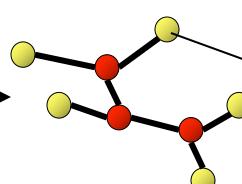
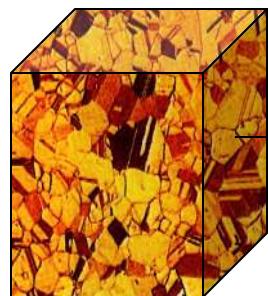
MIRROR SYMMETRY IN N=2 SUPERGRAVITY AND ITS RIGID LIMIT

Bobby Eka Gunara

KELOMPOK KEAHLIAN : FISIKA TEORETIK ENERGI TINGGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

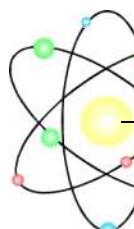
21 DESEMBER 2015

Struktur Materi - 2023

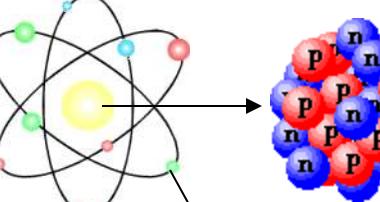


Kimia

Fisika Molekul



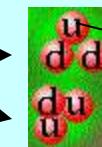
Fisika Atom



Massa

proton $\sim 0,937 \text{ GeV}/c^2$

Baryon Quark
(Hadron)



10^{-15} m $<10^{-19} \text{ m}$

protons, neutrons,
mesons, etc. top, bottom,
 $\pi, \Omega, \Lambda \dots$ charm, strange,
up, down

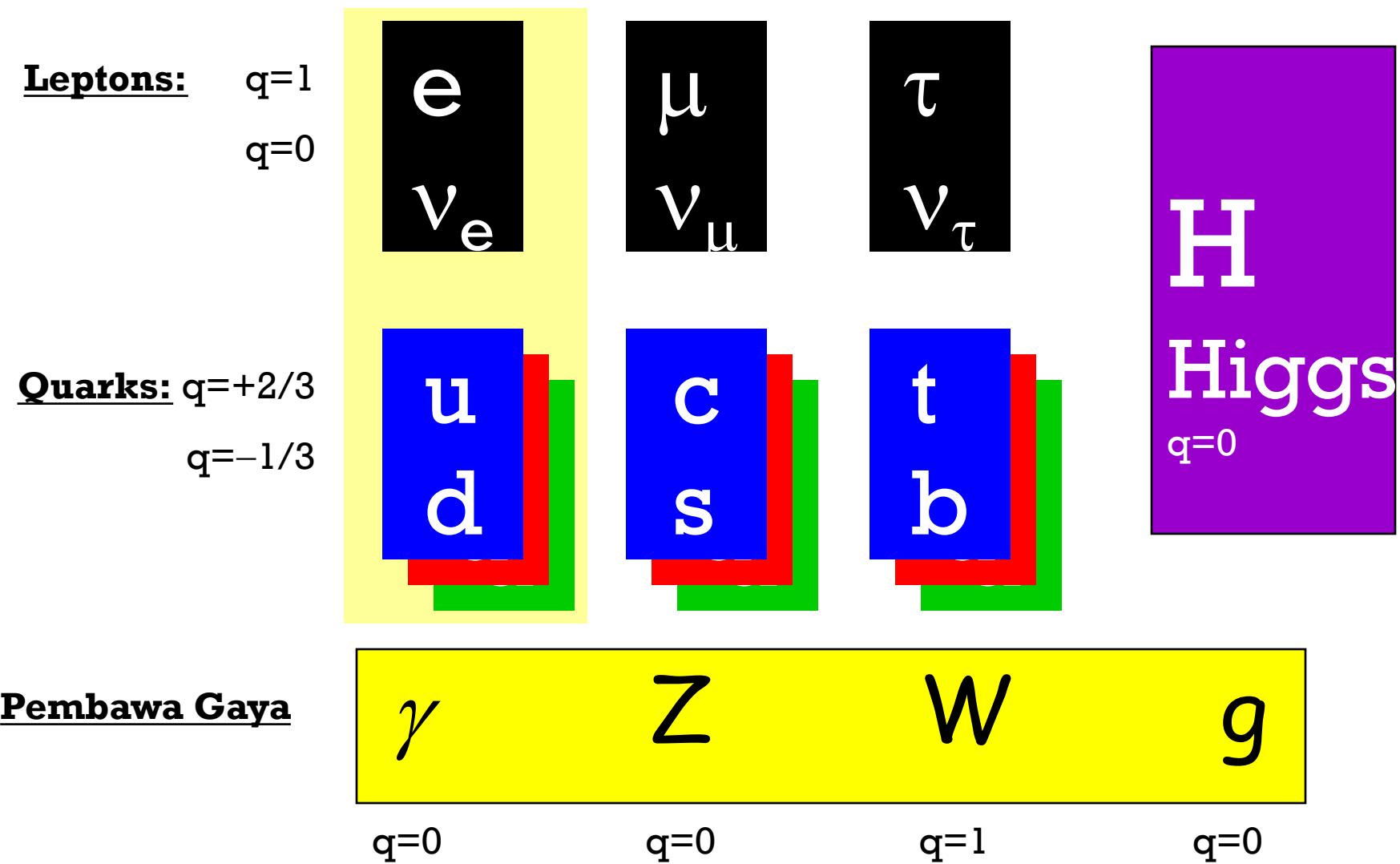
Electron
(Lepton)

$<10^{-19} \text{ m}$

Fisika Partikel

STANDARD MODEL

Standard Model – Partikel-Partikel Dasar



Fermions

FERMIIONS			matter constituents spin = 1/2, 3/2, 5/2, ...		
Leptons		spin = 1/2	Quarks		spin = 1/2
Flavor	Mass GeV/c ²	Electric charge	Flavor	Approx. Mass GeV/c ²	Electric charge
ν_e electron neutrino	$<1 \times 10^{-8}$	0	u up	0.003	2/3
e electron	0.000511	-1	d down	0.006	-1/3
ν_μ muon neutrino	<0.0002	0	c charm	1.3	2/3
μ muon	0.106	-1	s strange	0.1	-1/3
ν_τ tau neutrino	<0.02	0	t top	175	2/3
τ tau	1.7771	-1	b bottom	4.3	-1/3

Sumber:

<http://www2.hesston.edu/Physics/ElementaryParticlesTS/tylersresearchpaper.html>

Bosons

BOSONS			force carriers spin = 0, 1, 2, ...		
Unified Electroweak spin = 1			Strong (color) spin = 1		
Name	Mass GeV/c ²	Electric charge	Name	Mass GeV/c ²	Electric charge
γ photon	0	0	g gluon	0	0
W^-	80.4	-1			
W^+	80.4	+1			
Z^0	91.187	0			

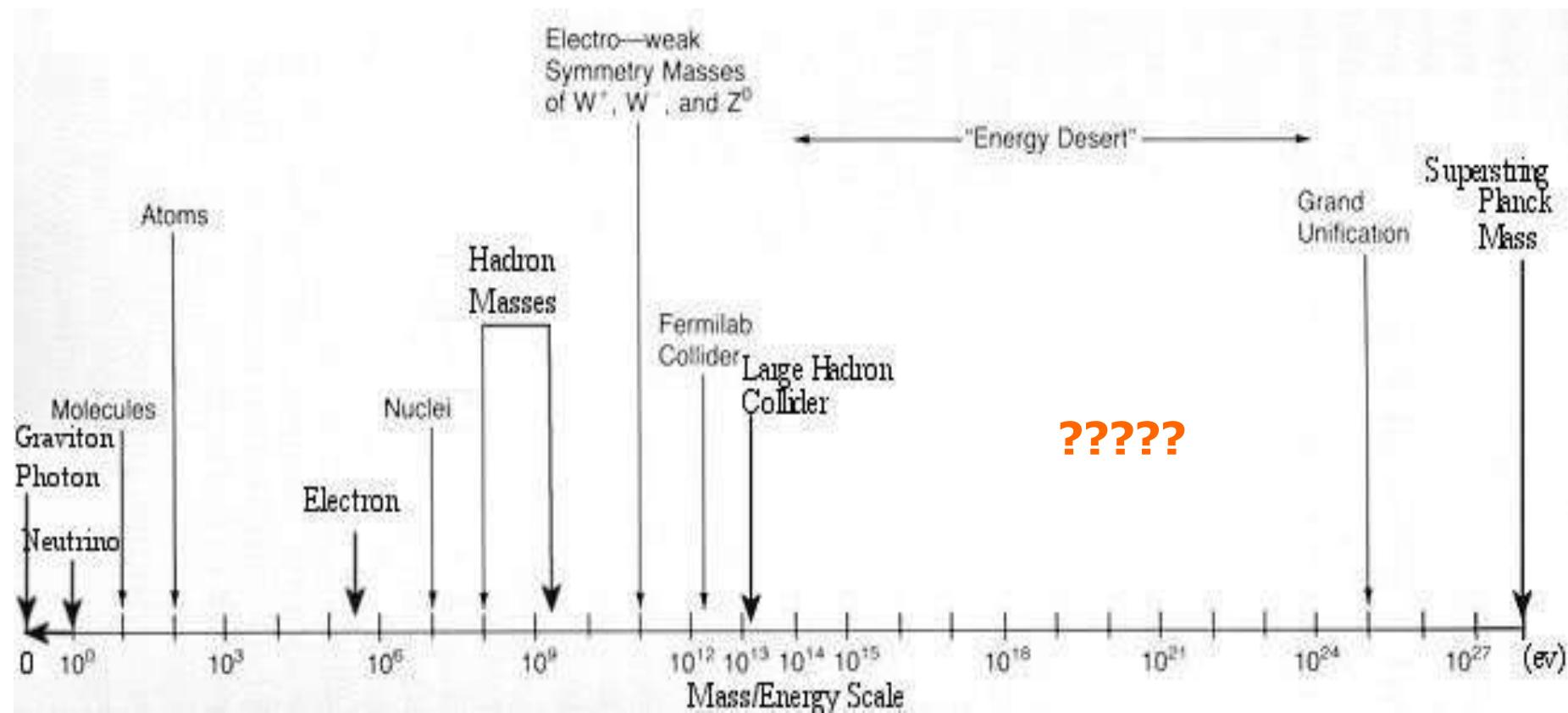
Sumber:

<http://www2.hesston.edu/Physics/ElementaryParticlesTS/tylersresearchpaper.html>

INTERAKSI DASAR

- **Electromagnetik**
- **Lemah (Nuklir Lemah)**
- **Kuat (Nuklir Kuat)**

- **Gravitasi (diabaikan)**

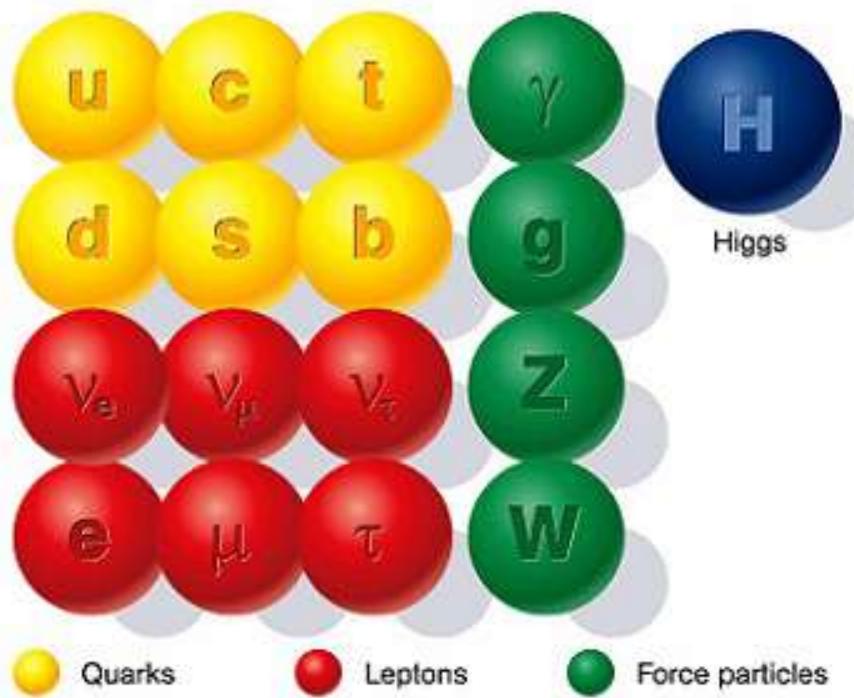


Sumber: <https://universe-review.ca>

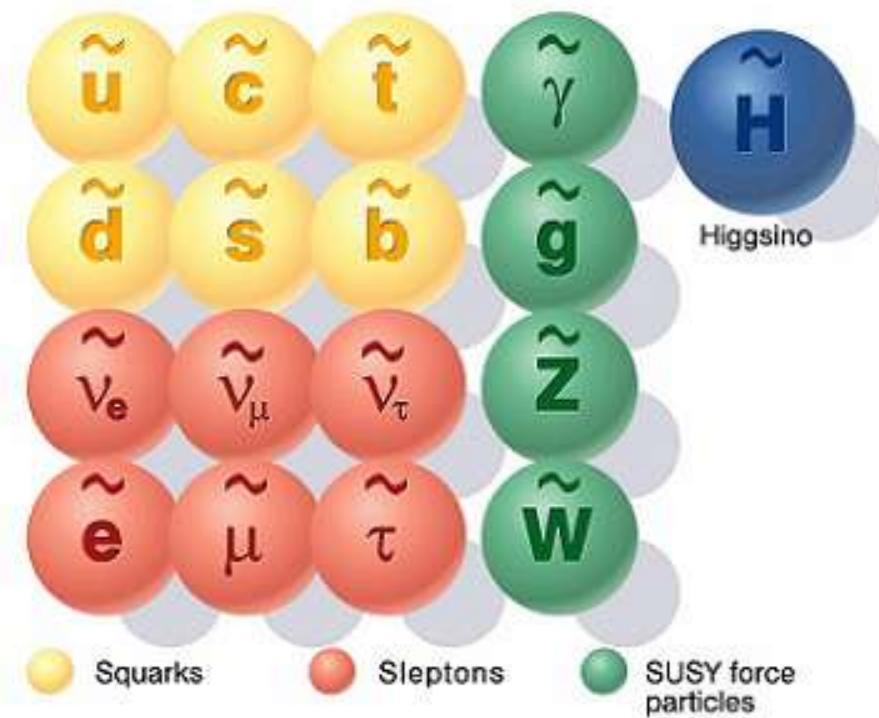
SUPERSYMMETRY

TEORI SUSY

Standard particles



SUSY particles



Sumber:

<http://www.physics.gla.ac.uk/ppt/bsm.htm>

TEORI SUSY (Lanjutan)

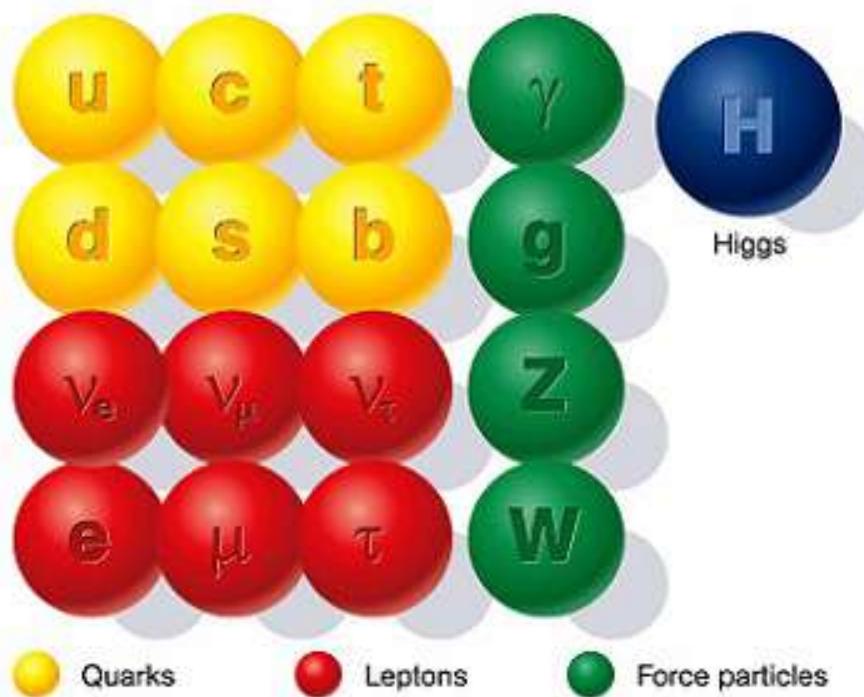
- Perluasan \mathbb{Z}_2 -Graded Teori Standard Model
- Munculnya superpartner akibat diperkenalkan supercharge Q^A dengan $A = 1, \dots, N$
- Untuk webinar ini: $N = 2$

MODEL SUSY RUSAK

- **Alam Semesta Tidak Supersimetrik**
- **Supersimetri rusak**
- **Partikel-partikel superpartner menjadi sangat masif (Kandidat Materi Gelap)**

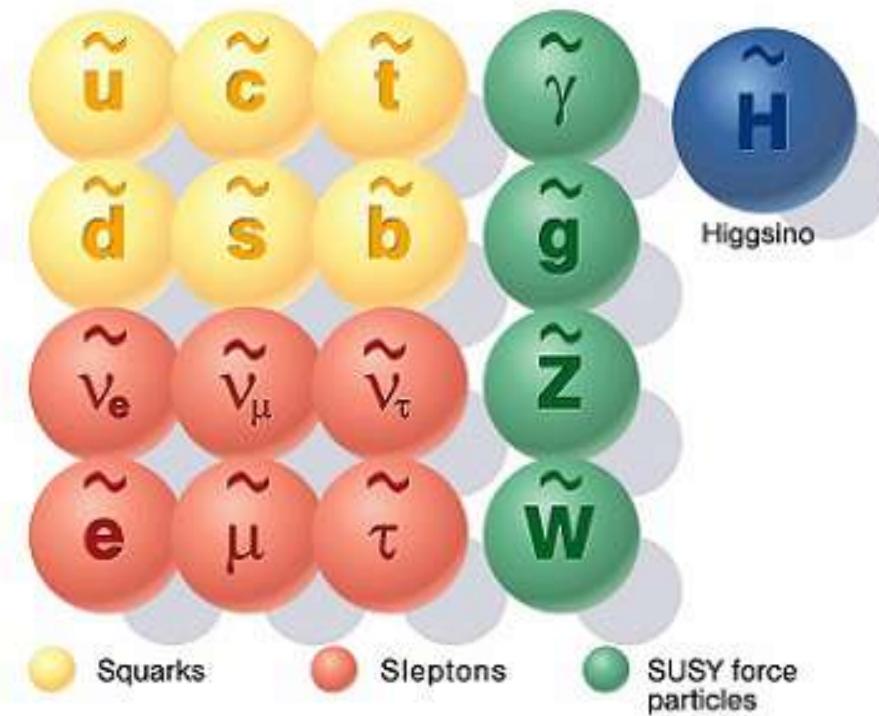
SUSY RUSAK (Lanjutan)

Standard particles

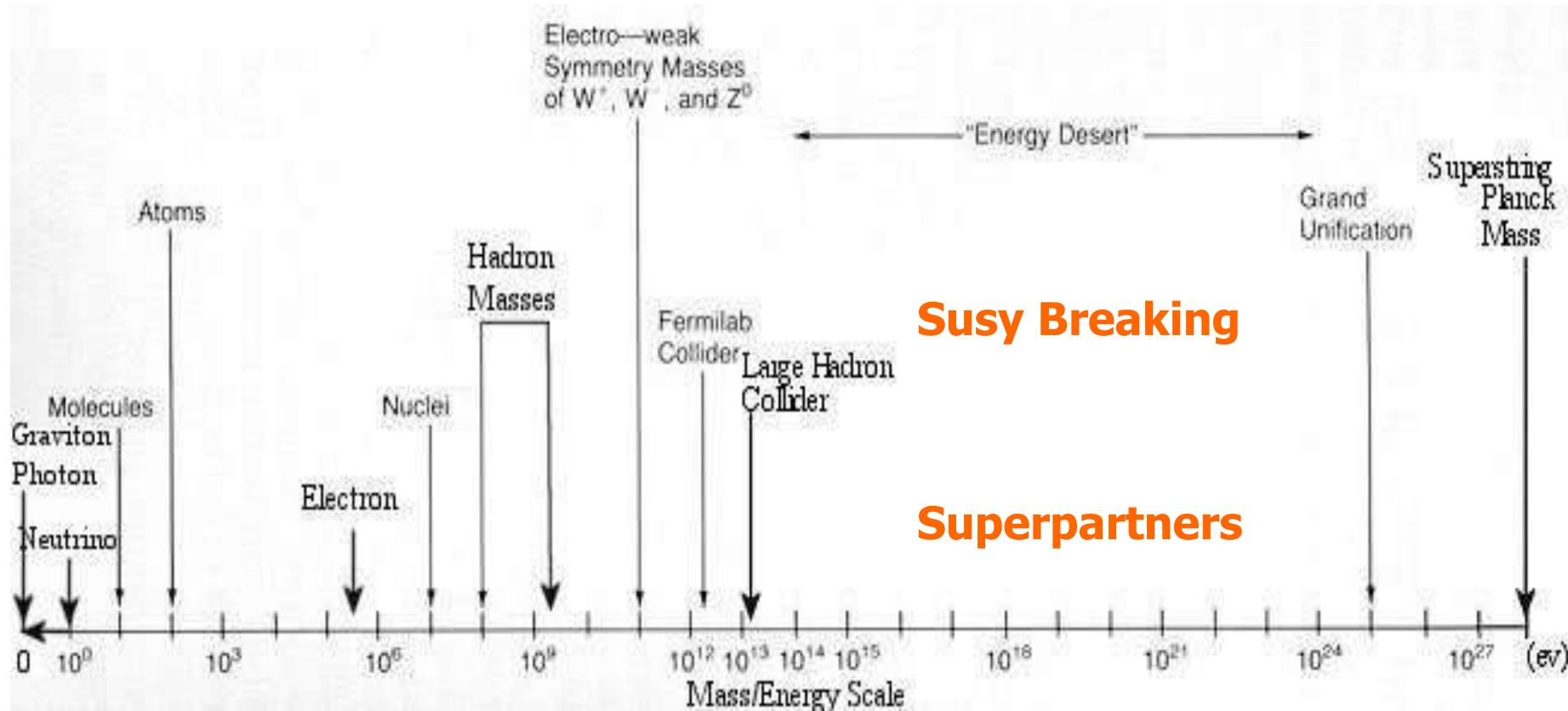


Ringan

SUSY particles



Sangat Masif



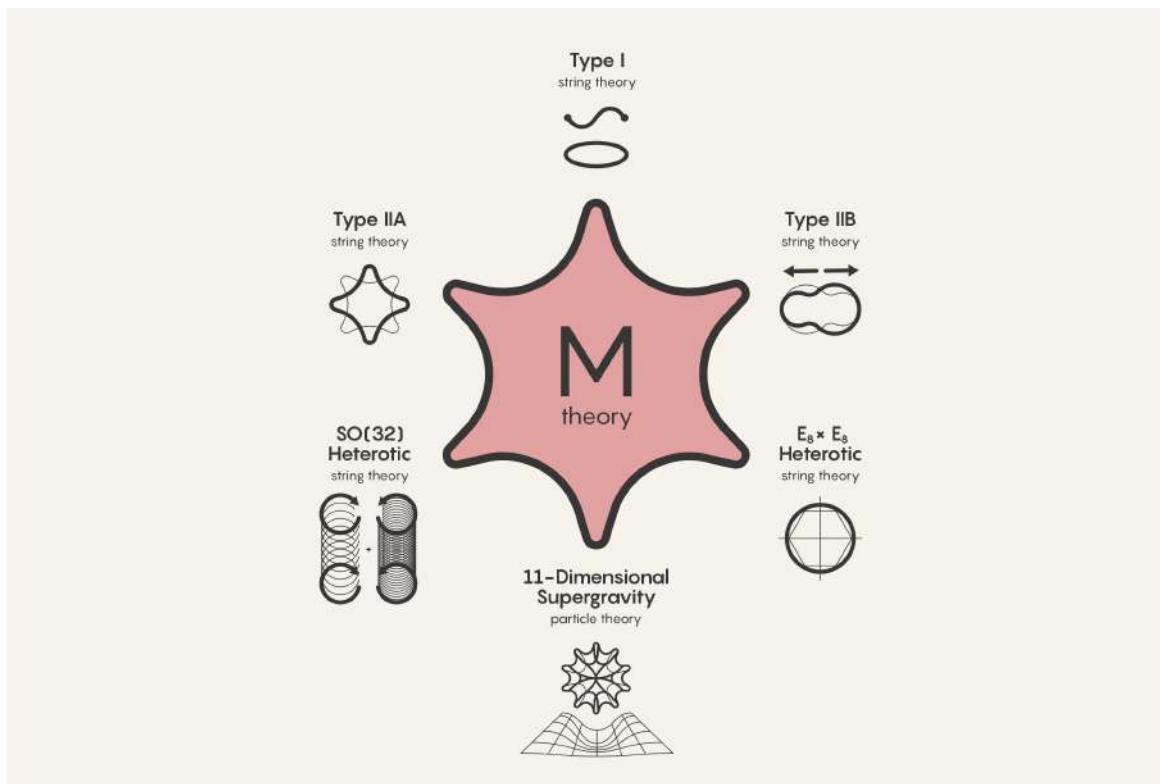
STRING THEORY

SUSY BERDIMENSI TINGGI

- Memperkenalkan supercharge Q^A dalam dimensi tinggi
- Sejauh ini yang dapat dibangun hingga dimensi 11
- Teori string dalam dimensi 10 dapat digambarkan sebagai supergravitasi dalam energi rendah

TEORI M

➤ Teori String (Unified M-Theory in 11d)



Sumber: <https://getpocket.com/explore/item/why-is-m-theory-the-leading-candidate-for-theory-of-everything>

N=2 SUPERGRAVITY

MULTIPLET IN N=2 SUGRA

- Multiplet gravitasi: gravitasi ($s=2$), $2 \times$ gravitino ($s=3/2$), gravifoton ($s=1$)
- Multiplet vektor: gauge ($s=1$), $2 \times$ fermion ($s=1/2$), $2 \times$ skalar ($s=0$)
- Hipermultiplet: $2 \times$ fermion ($s=1/2$), $4 \times$ skalar ($s=0$)

MULTIPLET IN N=2 SUGRA

(Lanjutan)

- Medan skalar dalam multiplet vektor membentuk geometri kompleks yang disebut Local Special Kaehler (*LSK*)
- Medan skalar dalam hipermultiplet membentuk geometri real yang disebut Quaternionic Kaehler (*QK*)
- Geometri skalar: *LSK* × *QK*

N=2 SUPERSYMMETRY

MULTIPLLET IN N=2 SUSY

- Multiplet vektor: gauge ($s=1$), $2 \times$ fermion ($s=1/2$), $2 \times$ skalar ($s=0$)
- Hipermultiplet: $2 \times$ fermion ($s=1/2$), $4 \times$ skalar ($s=0$)

MULTIPLLET IN N=2 SUSY

(Lanjutan)

- Medan skalar dalam multiplet vektor membentuk geometri kompleks yang disebut Rigid Special Kaehler (*RSK*)
- Medan skalar dalam hipermultiplet membentuk geometri real yang disebut Hiper-Kaehler (*HK*)
- Geometri skalar: $RSK \times HK$

RIGID LIMIT

RIGID LIMIT

- Memperoleh teori susy dari teori sugra menggunakan skala energi
- Skala energi: massa Planck (M_P), skala energi cut-off (Λ) misal electroweak, QCD, dll

RIGID LIMIT (Lanjutan)

- Yang paling mudah misalkan dalam teori $N=2$ Sugra hanya ada M_P
- Dengan mengambil $M_P \rightarrow +\infty$, maka diperoleh $N=2$ Susy dengan $RSK = \mathbb{R}^{2n_v}$ dan $HK = \mathbb{R}^{4n_h}$

RIGID LIMIT (Lanjutan)

- Jika dalam teori $N=2$ Sugra ada skala energi lain selain M_P , tentunya ini nontrivial
- Untuk kasus teori $N=2$ Sugra dengan skala energi $\Lambda_{\text{QCD}} \ll M_P$

B. E. Gunara, J. Louis, P. Smyth, L. Tripodi, and R. Valandro,
The rigid limit of $N=2$ supergravity, Classical and Quantum Gravity **30** (2013) 195014.

MIRROR SYMMETRY

TYPE II STRING ON CY_3

- Type IIA (non-chiral) dan Type IIB (chiral)
- T-duality antara Type IIA dan Type IIB

E. Bergshoeff, C. Hull, and T. Ortín, *Duality in the type-II superstring effective action*, Nuclear Physics B 451 (1995) 547.

TYPE II STRING ON CY_3

(Lanjutan)

- CY_3 adalah manifold kompak Kaehler berdimensi 6 (Calabi-Yau 3-fold)

- Type IIA dan Type IIB compactified on CY_3 menggambarkan $N=2$ supergravitasi pada dimensi 4

TYPE II STRING ON CY_3

(Lanjutan)

➤ IIA / CY_3 merupakan mirror IIB / \widetilde{CY}_3

P. S. Aspinwall and D. R. Morrison, *U-duality and integral structures*, Physics Letter B **355** (1995) 141;

D. R. Morrison, *Mirror Symmetry and the Type II String*, Nuclear Physics B **46** Proceedings Supplements (1996) 146.

TYPE II STRING ON CY_3

(Lanjutan)

- Dalam sektor medan skalar mirror symmetry antara IIA / CY_3 dan IIB / \widetilde{CY}_3 terlihat dengan adanya c-map

S. Cecotti, S. Ferrara, and L. Girardello, *Geometry of type II superstrings and the moduli of superconformal field theories*, International Journal of Modern Physics A 4 (1989) 2475.

TYPE II STRING ON CY_3

(Lanjutan)

➤ c-map dibangkitkan oleh s-map

$$s : LSK \rightarrow QK \quad (\text{local})$$

$$s : RSK \rightarrow HK \quad (\text{rigid})$$

TYPE II STRING ON CY_3

(Lanjutan)

➤ Rigid limit dari c-map lokal ke rigid (global)
dengan 2 skala energi

B. E. Gunara, J. Louis, P. Smyth, L. Tripodi, and R. Valandro,
The rigid limit of $N=2$ supergravity, Classical and Quantum
Gravity **30** (2013) 195014.

TERIMA KASIH